Kingdom of Thailand

EDICT OF GOVERNMENT

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.

TIS 2434-2552 (2009) (Thai): Polyolefin insulated copper conductor telecommunnication cables for aerial installation

BLANK PAGE

BRUTUM FULMEN
IGNORANTIA JURIS NON EXCUSAT
PROTECTED BY COPYRIGHT

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

THAI INDUSTRIAL STANDARD

มอก. 2434 – 2552

สายเคเบิลโทรคมนาคม ตัวนำทองแดง หุ้มฉนวนพอลิโอเลฟิน สำหรับการติดตั้งแบบแขวนในอากาศ

POLYOLEFIN INSULATED COPPER CONDUCTOR TELECOMMUNICATION CABLES FOR AERIAL INSTALLATION

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม

ICS 29.060.20

ISBN 978-974-292-849-0

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สายเคเบิลโทรคมนาคม ตัวนำทองแดง หุ้มฉนวนพอลิโอเลฟิน สำหรับการติดตั้งแบบแขวนในอากาศ

มอก. 2434 – 2552

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ 6 กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3300

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 126 ตอนพิเศษ 161ง
วันที่ 3 พฤศจิกายน พุทธศักราช 2552

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ 1018
มาตรฐานสายโทรคมนาคมตัวนำทองแดง

ประธานกรรมการ

ผศ.ผสุ แก้วปลั่ง	คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรรมการ

นายพิพัฒน์ จงรักวิทย์	บริษัท ทีโอที จำกัด (มหาชน)
นายทัศพงศ์ ทัศศรี	บริษัท กสท โทรคมนาคม จำกัด (มหาชน)
นายอัยรัตน์ มั่นคง	บริษัท ทีทีแอนด์ที จำกัด (มหาชน)
นายสุทัศน์ พิริยโยธากุล	บริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน)
นายดำรงค์ อิ่มอารมณ์กุล	
นางนิภา สุนทรธนโสภณ	บริษัท จรุงไทยไวร์แอนด์เคเบิ้ล จำกัด (มหาชน)
นางสาววิมลพันธ์ เรืองศรี	บริษัท เฟ้ลปส์ ดอด์จ ไทยแลนด์ จำกัด
นางสาวจินตนา แก่นจันทร์	
นางสาวปิยวรรณ แซ่ว่อง	
นายวิชัย เจริญสุข	บริษัท ฮิตาชิบางกอกเคเบิ้ล จำกัด
นายขจิต นกเอี้ยงทอง	บริษัท บางกอกเทเลคอม จำกัด
ผศ.วรรฐ คูหิรัญ	คณะวิศวกรรมศาตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ.ดุลย์พิเชษฐ์ ฤกษ์ปรีดาพงศ์	
นางสุนิดา แดงรัตนวงศ์	สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

กรรมการและเลขานุการ

นางสาวศกลวรรณ มาลากาญจน์	สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ปัจจุบันสายเคเบิลโทรคมนาคมตัวนำทองแดงใช้เป็นสายเคเบิลหลักในระบบการสื่อสารขั้นพื้นฐานของประเทศ เพื่อเป็นสื่อสัญญาณโทรศัพท์ โทรสาร และอินเทอร์เน็ต เพื่อให้สายเคเบิลดังกล่าวมีเกณฑ์คุณภาพเป็นที่ยอมรับ เกิดความประหยัดและมีความปลอดภัย จึงกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสายเคเบิลโทรคมนาคม ตัวนำทองแดง หุ้มฉนวนพอลิโอเลฟิน สำหรับการติดตั้งแบบแขวนในอากาศ ขึ้น

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดขึ้นโดยอาศัยเอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ANSI/ICEA S-85-625 (2002)	Aircore, Polyolefin Insulated, Copper conductor Telecommunications Cable
ANSI/EIA -359-A (1984)	EIA Standard Colors for Color Indentification and Coding
Telephone Organization of Thailand OES 004-002-01 (2001)	Polyethylene Insulation Alpeth Sheathed Cable
Telephone Organization of Thailand OES 004-004-01 (2001)	Figure 8 Alpeth Sheathed Cable

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้ว เห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตาม มาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511

สารบัญ

หน้า

1. ขอบข่าย 1

2. บทนิยาม 1

3. แบบ 2

4. ขนาดและจำนวนคู่สาย 2

5. วัสดุและการทำ

    5.1 ตัวนำ 2

    5.2 ฉนวน 3

    5.3 การบิดเกลียวเพื่อจับเป็นคู่สาย (twisting of pair) 4

    5.4 การสร้างแกน (core construction) 6

    5.5 สายสะพาน 9

    5.6 ชิลด์อะลูมิเนียม (aluminium shield) 10

    5.7 เปลือก (jacket) 11

5. คุณลักษณะที่ต้องการ 12

    6.1 คุณลักษณะทางฟิสิกส์ 12

    6.2 คุณลักษณะทางไฟฟ้า 13

    6.3 คุณลักษณะทางกล 14

7. การบรรจุ 17

    7.1 การปิดผนึกปลายสาย 17

    7.2 การบรรจุ 18

8. เครื่องหมายและฉลาก 18

9. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน 19

10. การทดสอบ 21

    10.1 ขนาดตัวนำ 21

    10.2 ความยืดของตัวนำ 21

    10.3 ความต้านทานแรงดึงและความยืดของฉนวน 22

    10.4 การโค้งงอที่อุณหภูมิต่ำของฉนวน 23

    10.5 การหดตัวของฉนวน 24

    10.6 ความหนาของเปลือก 25

    10.7 ความเยื้องศูนย์กลางของเปลือก 25

    10.8 ความต้านทานแรงดึงและความยืดของเปลือก 26

    10.9 การหดตัวของเปลือก 27

หน้า

10.10 ความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ 28
10.11 ความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ 31
10.12 ความจุไฟฟ้าร่วม 31
10.13 ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย 33
10.14 ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน 36
10.15 การลดทอนสัญญาณ 39
10.16 การสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สาย 40
10.17 ความต้านทานฉนวน 42
10.18 ความทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างตัวนำกับตัวนำ 43
10.19 ความทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างตัวนำกับชิลด์ 44
10.20 ความต่อเนื่องของชิลด์ 44
10.21 ความต่อเนื่องของตัวนำ 45
10.22 การโค้งงอที่อุณหภูมิต่ำของสายเคเบิลโทรคมนาคม 46
10.23 การทนต่อแรงกระแทกของสายเคเบิลโทรคมนาคม 46
ภาคผนวก ก. การลดทอนสัญญาณ 48
ภาคผนวก ข. การทดสอบปริมาณคาร์บอนแบล็กในเปลือกพอลิเอทิลีน 49
ภาคผนวก ค. การทดสอบความต้านทานต่อการแตกรานเนื่องจากความเค้น 51

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 4051 (พ.ศ. 2552)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. 2511

เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

สายเคเบิลโทรคมนาคม ตัวนำทองแดง หุ้มฉนวนพอลิโอเลฟิน สำหรับการติดตั้งแบบแขวนในอากาศ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 15 แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สายเคเบิลโทรคมนาคม ตัวนำทองแดง หุ้มฉนวนพอลิโอเลฟิน สำหรับการติดตั้งแบบแขวนในอากาศ มาตรฐานเลขที่ มอก. 2434-2552 ไว้ ดังมีรายละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2552

ชาญชัย ชัยรุ่งเรือง

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
สายเคเบิลโทรคมนาคม ตัวนำทองแดง หุ้มฉนวนพอลิโอเลฟิน
สำหรับการติดตั้งแบบแขวนในอากาศ

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการและการทดสอบสายเคเบิลโทรคมนาคม ตัวนำทองแดง หุ้มฉนวนพอลิโอเลฟิน สำหรับการติดตั้งแบบแขวนในอากาศ ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "สายเคเบิลโทรคมนาคม" ที่มีขนาดตัวนำตั้งแต่ 0.4 มิลลิเมตร ถึง 0.9 มิลลิเมตร จำนวนคู่สายไม่เกิน 3 000 คู่สาย

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมสายเคเบิลโทรคมนาคมตัวนำทองแดงอบอ่อน แกนสายเคเบิลไม่เติมสารประกอบที่ป้องกันการแทรกซึมของน้ำในสายเคเบิลโทรคมนาคม มีชิลด์เป็นอะลูมิเนียมเคลือบพลาสติกและเปลือกเป็นพอลิเอทิลีน เหมาะสำหรับใช้งานแขวนในอากาศ

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 พอลิโอเลฟิน (polyolefin) หมายถึง พอลิเมอร์ที่ผลิตขึ้นมาจากโมโนเมอร์ในกลุ่มของโอเลฟิน ซึ่งเป็นสารที่ประกอบด้วยอนุกรมของไฮโดรคาร์บอนชนิดไม่อิ่มตัวและมีพันธะคู่อยู่ในโครงสร้างอย่างน้อย 1 แห่ง เช่น พอลิเอทิลีน (polyethylene) พอลิโพรพิลีน (polypropylene)

2.2 ขนาดตัวนำ หมายถึง ค่าโดยประมาณของเส้นผ่านศูนย์กลางระบุของตัวนำ ซึ่งเป็นคำที่เรียกกันทั่วไปในทางปฏิบัติ

2.3 คู่สาย (pair) หมายถึง ตัวนำหุ้มฉนวน 2 เส้น ที่นำมาบิดเกลียวจับเป็นคู่

2.4 ยูนิต (unit) หมายถึง คู่สายที่นำมารวมกันเป็นกลุ่ม ประกอบด้วยคู่สายจำนวนไม่เกิน 25 คู่สาย

2.5 ซูเปอร์ยูนิต (super-unit) หมายถึง ยูนิตที่นำมารวมกันเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ตั้งแต่ 2 ยูนิตขึ้นไป ซึ่งมีเทปสีเป็นตัวชี้บอกลำดับของกลุ่มคู่สาย

2.6 แกนสายเคเบิล (cable core) หมายถึง กลุ่มของคู่สายตั้งแต่ 2 คู่ขึ้นไป บิดรวมกันเป็นเกลียว

2.7 ชิลด์ (shield) หมายถึง เทปอะลูมิเนียมที่เคลือบพลาสติกทั้งสองด้าน ใช้ห่อหุ้มแกนสายเคเบิลโทรคมนาคมใต้ชั้นของเปลือก ทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอก และใช้ต่อลงดิน

2.8 สายสะพาน (support messenger) หมายถึง ลวดเหล็กกล้าต้านแรงดึงสูงพิเศษเคลือบสังกะสีตีเกลียวและวัสดุป้องกันการกัดกร่อน ทำหน้าที่รับแรงดึงของสายเคเบิลโทรคมนาคมสำหรับการแขวนในอากาศ

2.9 เปลือก (jacket) หมายถึง สารประกอบพอลิเอทิลีนที่ใช้หุ้มชั้นนอกสุดของสายเคเบิลโทรคมนาคม ทำหน้าที่ป้องกันการกระแทก เสียดสี และทนทานต่อสภาวะแวดล้อม

2.10 คู่สายสำรอง (spare pair) หมายถึง คู่สายที่มีไว้สำหรับทดแทนคู่สายที่มีปัญหาจากกระบวนการผลิต เพื่อให้คู่สายระบุที่ใช้งานได้จริง มีครบตามจำนวน

2.11 อัตราส่วนการตีเกลียว (lay ratio) หมายถึง อัตราส่วนเฉลี่ยระหว่างความยาวการตีเกลียวกับเส้นผ่านศูนย์กลางรอบนอกของชั้นการตีเกลียว

3. แบบ

สายเคเบิลโทรคมนาคมแบ่งตามลักษณะการใช้งานออกเป็น 2 แบบ คือ

3.1 แบบไม่มีสายสะพาน

3.2 แบบมีสายสะพาน

4. ขนาดและจำนวนคู่สาย

4.1 สายเคเบิลโทรคมนาคมแบ่งตามขนาดตัวนำออกเป็น 4 ขนาด คือ

4.1.1 0.4 มิลลิเมตร (26 AWG)

4.1.2 0.5 มิลลิเมตร (24 AWG)

4.1.3 0.65 มิลลิเมตร (22 AWG)

4.1.4 0.9 มิลลิเมตร (19 AWG)

4.2 สายเคเบิลโทรคมนาคมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้มีจำนวนคู่สายไม่เกิน 3 000 คู่สาย

5. วัสดุและการทำ

5.1 ตัวนำ

5.1.1 ชนิดตัวนำ

ตัวนำต้องเป็นทองแดงเส้นเดี่ยวตันอบอ่อน เมื่อทำเป็นสายเคเบิลโทรคมนาคมแล้ว ต้องมีคุณลักษณะทางไฟฟ้าตามตารางที่ 12 และสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานนี้

5.1.2 ขนาดตัวนำ

ขนาดตัวนำ เส้นผ่านศูนย์กลางระบุและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน
(ข้อ 5.1.2 และข้อ 6.1.1)

ขนาดตัวนำ mm	เส้นผ่านศูนย์กลางระบุ mm	เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน ร้อยละ
0.4	0.404	± 1
0.5	0.511	± 1
0.65	0.643	± 1
0.9	0.912	± 1

5.1.3 ความยืด

ความยืดต่ำสุดของตัวนำในสายเคเบิลโทรคมนาคม ต้องไม่น้อยกว่าที่ระบุในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความยืดของตัวนำ
(ข้อ 5.1.3 และข้อ 6.1.2)

ขนาดตัวนำ mm	ความยืด ต่ำสุด ร้อยละ
0.4	12
0.5	16
0.65	20
0.9	22

5.1.4 การต่อตัวนำ

การต่อตัวนำในระหว่างกระบวนการผลิตสามารถทำได้โดยวิธีบัดกรีชน (butt brazed) ซึ่งเป็นการบัดกรีด้วยโลหะเจือเงิน โดยใช้ฟลักซ์ที่ไม่เป็นกรด หรือใช้วิธีเชื่อมชน (butt-welded) การต่อตัวนำนี้ต้องไม่ทำให้เกิดก้อนนูน และรอยต่อของตัวนำต้องมีความต้านแรงดึงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของความต้านแรงดึงของตัวนำที่ไม่มีรอยต่อ

5.2 ฉนวน

5.2.1 ตัวนำต้องหุ้มด้วยฉนวนที่เป็นวัสดุพอลิโอเลฟินชนิด พอลิเอทิลีน หรือพอลิโพรพิลีน ที่เป็นไปตามคุณลักษณะที่ต้องการตามมาตรฐานนี้

5.2.2 ความหนาของฉนวนต้องออกแบบให้สอดคล้องกับคุณลักษณะทางไฟฟ้าที่กำหนดในตารางที่ 12

5.2.3 สีของฉนวนจะประกอบด้วยสีหลัก (tip color) และสีรอง (ring color) ที่กำหนดตามระบบสีมันเซลล์ (Munsell colour system) (อาจดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ใน ANSI/EIA-359-A) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สีของฉนวน
(ข้อ 5.2.3)

สีหลัก	สีรอง
ขาว	น้ำเงิน
แดง	ส้ม
ดำ	เขียว
เหลือง	น้ำตาล
ม่วง	เทา

5.3 การบิดเกลียวเพื่อจับเป็นคู่สาย (twisting of pair)

5.3.1 ตัวนำที่หุ้มฉนวนแต่ละสีต้องนำมาบิดเกลียวเพื่อจับเป็นคู่สาย ซึ่งคู่สายแต่ละคู่จะประกอบด้วยสีหลัก 1 เส้น และสีรอง 1 เส้น ตามรหัสสีที่แสดงในตารางที่ 4

5.3.2 ค่าเฉลี่ยของความยาวบิดเกลียวของคู่สายใดๆในสายเคเบิลโทรคมนาคม ต้องไม่เกิน 165 มิลลิเมตร โดยใช้ความยาวบิดเกลียวที่ทำให้สายเคเบิลโทรคมนาคมต้องเป็นไปตามคุณลักษณะทางไฟฟ้าตามมาตรฐานนี้

5.3.3 สายเคเบิลโทรคมนาคมที่มีคู่สายมากกว่า 25 คู่สาย ให้แบ่งออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 25 คู่สาย โดยใช้รหัสสีของคู่สายแต่ละคู่ตามตารางที่ 4 นับเวียนซ้ำอีกครั้งที่กลุ่ม 25 คู่สายถัดมา และใช้รหัสสีของเทปสีต่าง ๆ เป็นตัวแบ่งกลุ่ม

ตารางที่ 4 สีของฉนวนในคู่สายแต่ละคู่ในกลุ่ม 25 คู่สาย (25-pair group)
(ข้อ 5.3.1 ข้อ 5.3.3 และข้อ 5.4.1.2)

หมายเลขคู่สาย	สีของฉนวน	
	สีหลัก	สีรอง
1	ขาว	น้ำเงิน
2	ขาว	ส้ม
3	ขาว	เขียว
4	ขาว	น้ำตาล
5	ขาว	เทา
6	แดง	น้ำเงิน
7	แดง	ส้ม
8	แดง	เขียว
9	แดง	น้ำตาล
10	แดง	เทา
11	ดำ	น้ำเงิน
12	ดำ	ส้ม
13	ดำ	เขียว
14	ดำ	น้ำตาล
15	ดำ	เทา
16	เหลือง	น้ำเงิน
17	เหลือง	ส้ม
18	เหลือง	เขียว
19	เหลือง	น้ำตาล
20	เหลือง	เทา
21	ม่วง	น้ำเงิน
22	ม่วง	ส้ม
23	ม่วง	เขียว
24	ม่วง	น้ำตาล
25	ม่วง	เทา

5.4 การสร้างแกน (core construction)

5.4.1 การขึ้นเป็นแกนสายเคเบิล (forming of the cable core)

การจัดเรียงแกนต้องเป็นดังต่อไปนี้ (เว้นแต่ผู้ทำหรือข้อกำหนดคุณลักษณะระบุไว้เป็นอย่างอื่น)

5.4.1.1 กรณีสายเคเบิลโทรคมนาคมมีจำนวนคู่สาย 25 คู่สาย หรือน้อยกว่า โดยนำคู่สายแต่ละคู่มาบิดเกลียวรวมเป็นชั้นๆ เป็นแกนทรงกระบอก ซึ่งแต่ละชั้นจะมีทิศทางการบิดเกลียวเหมือนกันหรือตรงข้ามกันก็ได้ หรืออาจรวมเป็นกลุ่มย่อยแทนการสร้างชั้นที่มีศูนย์กลางเดียวกัน

5.4.1.2 กรณีที่มีจำนวนคู่สายมากกว่า 25 คู่สาย ให้นำคู่สายมาบิดเกลียวจัดเป็นกลุ่มแล้วใช้เทปสีพันแต่ละกลุ่มไว้ โดยแต่ละกลุ่มมีจำนวนไม่เกิน 25 คู่สาย ซึ่งไม่รวมคู่สายสำรอง กลุ่มไม่เกิน 25 คู่สาย ที่ใช้แบ่งคู่สายทั้งหมดออกเป็นกลุ่มย่อยตั้งแต่ 2 กลุ่มขึ้นไป อาจเรียกกลุ่มนี้ว่ายูนิต จากนั้นจึงพันด้วยเทปสีเพื่อแบ่งเป็นยูนิตตามรหัสสีของเทปสีที่ระบุในตารางที่ 5 การนับคู่สายให้นับเรียงกันตั้งแต่คู่สายที่ 1 ถึงคู่สายที่ 25 ตามที่กำหนดในตารางที่ 4 ตลอดทั้งยูนิตในแต่ละกลุ่ม

5.4.1.3 ยูนิตตั้งแต่ 2 ยูนิตขึ้นไป สามารถนำมารวมกันเป็นซูเปอร์ยูนิตแล้วพันด้วยเทปสี ตามรหัสสีของเทปสีที่ระบุในตารางที่ 6

5.4.2 เทปสี (colour binder)

เทปสีต้องเป็นวัสดุไดอิเล็กทริกไม่ดูดความชื้น (nonhygroscopic dielectric material) ใช้ในการพันเพื่อรวมคู่สายเป็นกลุ่ม ๆ อาจเป็นยูนิตหรือซูเปอร์ยูนิต

5.4.2.1 เทปสีใช้เพื่อชี้บอกลำดับของกลุ่มสำหรับการชี้บอกคู่สาย ระยะเกลียวของการพันของเทปสีต้องไม่เกิน 100 มิลลิเมตร

5.4.2.2 เทปสีต้องมีรหัสสีดังแสดงในตารางที่ 5 และตารางที่ 6

5.4.2.3 ที่ภาคตัดขวางของสายเคเบิลโทรคมนาคม กลุ่ม 25 คู่สาย ที่ไม่อยู่ติดกันและกลุ่มย่อยไม่เกิน 1 กลุ่ม ในซูเปอร์ยูนิตอาจไม่มีเทปสีพันอยู่ก็ได้ แต่ผลรวมของเทปสีที่ขาดหายไปทั้งหมดต้องไม่เกิน 3 เส้น สำหรับซูเปอร์ยูนิตต้องมีเทปสีพันอยู่ครบ

ตารางที่ 5 รหัสสีของเทปสีที่ใช้ระบุกลุ่มของคู่สายที่มารวมกันเป็นยูนิต
(ข้อ 5.4.1.2 และข้อ 5.4.2.2)

หมายเลขกลุ่ม	รหัสสีของเทปสี	การนับคู่สายเป็นกลุ่ม
1	ขาว – น้ำเงิน	1-25
2	ขาว – ส้ม	26-50
3	ขาว – เขียว	51-75
4	ขาว – น้ำตาล	76-100
5	ขาว – เทา	101-125
6	แดง – น้ำเงิน	126-150
7	แดง – ส้ม	151-175
8	แดง – เขียว	176-200
9	แดง – น้ำตาล	201-225
10	แดง – เทา	226-250
11	ดำ – น้ำเงิน	251-275
12	ดำ – ส้ม	276-300
13	ดำ – เขียว	301-325
14	ดำ – น้ำตาล	326-350
15	ดำ – เทา	351-375
16	เหลือง – น้ำเงิน	376-400
17	เหลือง – ส้ม	401-425
18	เหลือง – เขียว	426-450
19	เหลือง – น้ำตาล	451-475
20	เหลือง – เทา	476-500
21	ม่วง – น้ำเงิน	501-525
22	ม่วง – ส้ม	526-550
23	ม่วง – เขียว	551-575
24	ม่วง – น้ำตาล	576-600

ตารางที่ 6 รหัสสีของเทปสีที่ใช้เป็นตัวชี้บอกลำดับของกลุ่มคู่สายที่มารวมกันเป็นซูเปอร์ยูนิต
(ข้อ 5.4.1.3 และข้อ 5.4.2.2)

คู่สายที่	รหัสสีของเทปสี
1 ถึง 600	ขาว
601 ถึง 1 200	แดง
1 201 ถึง 1 800	ดำ
1 801 ถึง 2 400	เหลือง
2 401 ถึง 3 000	ม่วง

5.4.3 คู่สายสำรอง

กรณีที่มีจำนวนคู่สาย 600 คู่สาย หรือมากกว่า ผู้ทำต้องเพิ่มคู่สายสำรองไว้ในสายด้วยเพื่อแทนที่คู่สายที่มีปัญหา เพื่อให้จำนวนคู่สายระบุที่ใช้งานได้จริง มีครบตามจำนวน พร้อมทั้งแจ้งให้ผู้ใช้ทราบ

5.4.3.1 จำนวนคู่สายสำรองให้ใช้ตามที่กำหนดในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 จำนวนคู่สายสำรอง
(ข้อ 5.4.3.1)

จำนวนคู่สาย	จำนวนคู่สายสำรอง
น้อยกว่า 600	-
600 ถึง 1 200	2
1 500 ถึง 2 100	4
2 400 ขึ้นไป	6

5.4.3.2 กรณีที่มีคู่สายสำรอง รหัสสีต้องเป็นไปตามตารางที่ 8 และให้วางคู่สายสำรองไว้เป็นกลุ่มโดยมีเทปสีซึ่งมีรหัสสีเหลือง-ดำ พันไว้ และอยู่ระหว่างยูนิตหรือซูเปอร์ยูนิตในชั้นสุดท้าย

ตารางที่ 8 รหัสสีของคู่สายสำรอง
(ข้อ 5.4.3.2)

คู่สายสำรองคู่ที่	สีหลัก	สีรอง
1	ขาว	น้ำเงิน
2	แดง	ส้ม
3	ดำ	เขียว
4	เหลือง	น้ำตาล
5	ม่วง	เทา
6	ม่วง	น้ำเงิน

5.4.4 การพันหรือห่อหุ้มแกนสายเคเบิล (core wrap)

5.4.4.1 แกนสายเคเบิลต้องพันหรือห่อหุ้มด้วยวัสดุไดอิเล็กทริกไม่ดูดความชื้น โดยการพันหรือห่อหุ้มต้องให้มีส่วนซ้อนเหลื่อม (overlap) เพื่อเป็นเกราะป้องกันความร้อนไม่ให้ฉนวนที่หุ้มลวดตัวนำเปลี่ยนรูปหรือละลายติดกันขณะผลิต

5.4.4.2 ภายใต้หรือบน วัสดุที่ใช้พันหรือห่อหุ้มแกนสายเคเบิลตามข้อ 5.4.4.1 ให้ใส่เทปชี้บอก (identification tape) ที่เป็นวัสดุไม่ดูดความชื้น

หมายเหตุ เทปชี้บอก หมายถึง เทปบอกชื่อผู้ทำและช่วงเวลาการทำตามข้อ 8.1

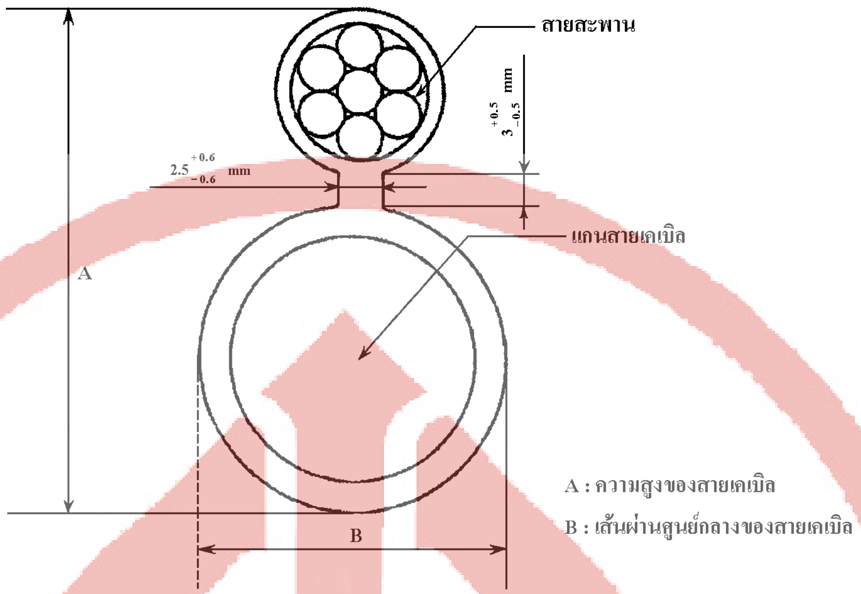
5.5 สายสะพาน

5.5.1 สายสะพานต้องทำจากลวดเหล็กกล้าต้านแรงดึงสูงพิเศษเคลือบสังกะสีตีเกลียว เส้นผ่านศูนย์กลางการตีเกลียวระบุ 6.35 มิลลิเมตร มีความยาวต่อเนื่องตลอดความยาวสายโดยไม่มีรอยต่อ และต้องเคลือบด้วยวัสดุป้องกันการกัดกร่อน ป้องกันการเลื่อนไหล และสามารถเข้ากันได้กับวัสดุอื่น ๆ ในสายเคเบิลโทรคมนาคมโดยไม่มีปัญหา ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำสายสะพานต้องมีคุณลักษณะตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ทำสายสะพาน
(ข้อ 5.5.1)

รายละเอียด	หน่วย	ค่าที่ระบุ
1. จำนวนลวดเหล็กเคลือบสังกะสี	เส้น	7
2. เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเหล็กเคลือบสังกะสี	mm	2.03 ± 0.08
3. อัตราส่วนการตีเกลียว	จำนวนเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลาง	14 - 22
4. ทิศทางการตีเกลียว	-	ซ้าย
5. แรงดึงขาดของสายสะพานตีเกลียว ต่ำสุด	kN	29.581
6. ความยืดของสายสะพานตีเกลียว ต่ำสุด	%	4.0
7. น้ำหนักสังกะสีที่เคลือบลวดเหล็ก ต่ำสุด	g/m^2	198

5.5.2 ขนาดของส่วนเชื่อมต่อ (web) ระหว่างเปลือกนอกของแกนสายเคเบิลกับเปลือกนอกของสายสะพานต้องเป็นดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงลักษณะของส่วนเชื่อมต่อระหว่างเปลือกนอกของแกนสายเคเบิลกับเปลือกนอกของสายสะพาน (ข้อ 5.5.2)

5.6 ชิลด์อะลูมิเนียม (aluminium shield)

5.6.1 ชิลด์อะลูมิเนียมต้องเป็นอะลูมิเนียมเจือประเภท 1060 หรือ 1100 หรือ 1145 หรือ 1235 ตามที่กำหนดโดยสมาคมอะลูมิเนียม (Aluminium Association) หรือมาตรฐานอื่นที่เทียบเท่า ทำเป็นเทปที่มีความหนา (0.2030 ± 0.0254) มิลลิเมตร เคลือบด้วยพลาสติกทั้งสองด้านซึ่งมีความหนาด้านละไม่น้อยกว่า 0.0381 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันความชื้นตลอดความยาวของชิลด์

5.6.2 การใช้

สายเคเบิลโทรคมนาคมที่มีโครงสร้างเป็นเปลือกหุ้มชั้นเดียว ให้ใช้ชิลด์อะลูมิเนียมลักษณะเป็นลูกฟูกห่อหุ้มแกนสายเคเบิลที่พันหรือห่อหุ้มตามข้อ 5.4.4

5.6.2.1 การทำลูกฟูกของชิลด์ ต้องทำให้เป็นลูกฟูกในลักษณะเป็นลูกคลื่นที่ตั้งฉากกับความยาวของแกนในแนวระนาบ การลดความหนาของชิลด์จากการทำลูกฟูกในกระบวนการผลิตนั้นต้องไม่เกินร้อยละ 10 ชิลด์ต้องไม่มีรอยแตก รอยหักงอ หรือฉีกขาด ซึ่งเป็นผลมาจากการทำลูกฟูกและการขึ้นรูป

5.6.2.2 น้ำมันที่ตกค้างจากการขึ้นรูปและการทำลูกฟูก ต้องไม่ปรากฏภายในแกนสายเคเบิลโทรคมนาคมหรือที่ผิวด้านในของแกนสายเคเบิลที่พันหรือห่อหุ้มตามข้อ 5.4.4 แต่อาจมีเศษพลาสติกปรากฏอยู่ได้บ้าง ให้นำตัวอย่างสายเคเบิลโทรคมนาคมยาว 60 เซนติเมตร มาจับยึดให้อยู่ในแนวตั้งเป็นเวลา 1 นาที แล้วต้อง

ไม่มีน้ำมันซึมออกมา โดยที่ปลายของตัวอย่างทดสอบต้องตัดในแนวตั้งฉากกับความยาวสายเคเบิลโทรคมนาคม

5.6.2.3 ส่วนซ้อนเหลื่อมของชิลด์ สายเคเบิลโทรคมนาคมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางแกนสายเคเบิลที่พันหรือห่อหุ้มตามข้อ 5.4.4 ไม่เกิน 15.9 มิลลิเมตร ต้องมีส่วนซ้อนเหลื่อมต่ำสุดเป็น 3.2 มิลลิเมตร ส่วนสายเคเบิลโทรคมนาคมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางแกนสายเคเบิลที่พันหรือห่อหุ้มตามข้อ 5.4.4 มากกว่า 15.9 มิลลิเมตร ต้องมีส่วนซ้อนเหลื่อมต่ำสุดเป็น 6.4 มิลลิเมตร

5.6.2.4 การต่อของชิลด์ก่อนการทำลูกฟูก แรงดึงขาดของชิลด์ที่รอยต่อต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของแรงดึงขาดของชิลด์ที่อยู่ติดกันที่ความยาวเท่ากันและไม่มีการต่อ และความต้านทานของชิลด์ที่มีรอยต่อยาว 90 เซนติเมตร ต้องไม่มากกว่าร้อยละ 110 ของความต้านทานไฟฟ้าของชิลด์ที่อยู่ติดกันที่ความยาวเท่ากันและไม่มีการต่อ

5.7 เปลือก (jacket)

5.7.1 เปลือกต้องเป็นสารประกอบพอลิเอทีลีน สีดำที่มีปริมาณคาร์บอนแบล็กร้อยละ (2.60±0.25) ซึ่งเป็นไปตามที่กำหนดในภาคผนวก ข และมีความทนต่อแสงแดดและสภาพของภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอได้

5.7.2 เปลือกต้องทำจากวัสดุที่มีคุณสมบัติความต้านทานต่อการแตกรานเนื่องจากความเค้น (stress crack resistance) โดยต้องมีอัตราการเสียสภาพ ซึ่งเป็นไปตามที่กำหนดในตาราง ค.1 ในภาคผนวก ค

5.7.3 ความหนาเฉลี่ยของเปลือกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ของค่าที่ระบุในตารางที่ 10

5.7.4 ความหนาต่ำสุดของเปลือกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ของค่าที่ระบุในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ความหนาของเปลือก
(ข้อ 5.7.3 และข้อ 5.7.4)

เส้นผ่านศูนย์กลางแกนของเคเบิล (D) mm	ความหนาระบุ mm
D ≤ 21	1.5
21 < D≤ 28	1.8
28 < D ≤ 37	2.0
37 < D≤ 46	2.3
46 < D≤ 55	2.5
D > 55	2.8

6. คุณลักษณะที่ต้องการ

6.1 คุณลักษณะทางฟิสิกส์

6.1.1 ขนาดตัวนำ

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.1 เส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 1

6.1.2 ความยืดของตัวนำ

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.2 ความยืดของตัวนำในสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 2

6.1.3 ความต้านแรงดึงและความยืดของฉนวน

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.3 ความต้านแรงดึงและความยืดของฉนวนจากสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 11

6.1.4 การโค้งงอที่อุณหภูมิต่ำ (cold bend) ของฉนวน

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.4 ฉนวนจากสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องไม่มีรอยแตกราน

6.1.5 การหดตัว (shrinkback) ของฉนวน

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.5 การหดตัวของฉนวนจากสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 11

6.1.6 ความหนาของเปลือก

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.6 ความหนาของเปลือกต้องเป็นไปตามที่กำหนดในข้อ 5.7.3 และข้อ 5.7.4

6.1.7 ความเยื้องศูนย์กลาง (eccentricity) ของเปลือก

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.7 ความเยื้องศูนย์กลางของเปลือกต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 11

6.1.8 ความต้านแรงดึงและความยืดของเปลือก

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.8 ความต้านแรงดึงและความยืดของเปลือกจากสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 11

6.1.9 การหดตัวของเปลือก

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.9 การหดตัวของเปลือกจากสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 11

6.2 คุณลักษณะทางไฟฟ้า

6.2.1 ความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ ที่ 20 องศาเซลเซียส

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.10 ความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำในสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 12

6.2.2 ความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.11 ความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงแต่ละคู่สายและความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงเฉลี่ยระหว่างตัวนำของคู่สายในสายเคเบิลโทรคมนาคม ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 12

6.2.3 ความจุไฟฟ้าร่วม (mutual capacitance)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.12 ความจุไฟฟ้าร่วมเฉลี่ยของทุกคู่สายในความยาวใด ๆ ของสายเคเบิลโทรคมนาคม ที่ความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 12

6.2.4 ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย (pair to pair capacitance unbalance)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.13 สายเคเบิลโทรคมนาคมที่มีคู่สาย 6 คู่สาย หรือน้อยกว่า ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สายในสายเคเบิลโทรคมนาคม ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 12 สำหรับสายเคเบิลโทรคมนาคมที่มีคู่สายมากกว่า 6 คู่สาย ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สายต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 12

6.2.5 ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน (pair to ground capacitance unbalance)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.14 ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดินในสายเคเบิลโทรคมนาคม ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 12 สำหรับสายเคเบิลที่มีคู่สายมากกว่า 6 คู่สาย ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดินต้องเป็นไปตามกำหนดในตารางที่ 12

6.2.6 การลดทอนสัญญาณ (attenuation)

เมื่อวัดการลดทอนสัญญาณตามข้อ 10.15 ที่ความถี่ 772 กิโลเฮิรตซ์ การลดทอนสัญญาณเฉลี่ยของทุกคู่สายในสายเคเบิลโทรคมนาคมที่มีคู่สายมากกว่า 12 คู่สาย ต้องเป็นไปที่ตามกำหนดในตารางที่ 12 สำหรับสายเคเบิลที่มีคู่สาย 12 คู่สาย หรือน้อยกว่า ต้องมีการลดทอนสัญญาณเฉลี่ยไม่เกินร้อยละ 110 ของค่าที่กำหนดในตารางที่ 12

6.2.7 การสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สาย (crosstalk loss)

เมื่อวัดการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายตามข้อ 10.16 ที่ปลายด้านไกล (equal level far-end crosstalk loss, ELFEXT) และปลายด้านใกล้ (near-end crosstalk loss, NEXT) ต้องเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 12

6.2.8 ความต้านทานฉนวน

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.17 ฉนวนหุ้มตัวนำของสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องมีความต้านทานฉนวนเป็นไปตามที่กำหนดในตารางที่ 12

6.2.9 ความทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างตัวนำกับตัวนำ (conduct to conduct dc proof)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.18 สายเคเบิลโทรคมนาคมต้องไม่เสียสภาพฉับพลัน

6.2.10 ความทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างตัวนำกับชิลด์ (conduct to shield dc proof)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.19 สายเคเบิลโทรคมนาคมต้องไม่เสียสภาพฉับพลัน

6.2.11 ความต่อเนื่องของชิลด์ (shield continuity)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.20 ชิลด์ของสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องมีการนำไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง

6.2.12 ความต่อเนื่องของตัวนำ (conduct continuity)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.21 แต่ละตัวนำในสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องมีการนำไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง

6.3 คุณลักษณะทางกล

6.3.1 การโค้งงอที่อุณหภูมิต่ำของสายเคเบิลโทรคมนาคม

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.22 เปลือกสายเคเบิลโทรคมนาคมและชิลด์ต้องไม่มีรอยแตกราน

6.3.2 การทนต่อแรงกระแทกของสายเคเบิลโทรคมนาคม (cable impact)

เมื่อทดสอบตามข้อ 10.23 พื้นผิวนอกและพื้นผิวในของเปลือกสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องไม่มีรอยแตกราน

ตารางที่ 11 คุณลักษณะทางฟิสิกส์ของฉนวนและเปลือก
(ข้อ 6.1.3 ข้อ 6.1.5 ข้อ 6.1.7 ข้อ 6.1.8 และข้อ 6.1.9)

รายละเอียด	หน่วย	ฉนวน		เปลือก
		พอลิเอทิลีน	พอลิโพรพิลีน	พอลิเอทิลีน
1. ความต้านแรงดึง ต่ำสุด	kg/cm^2	168	210	119
2. ความยืด ต่ำสุด	%	300	300	400
3. การหดตัว				
- อุณหภูมิทดสอบ	^{o}C	115	130	100
- เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	^{o}C	± 1	± 1	± 1
- ช่วงเวลาที่ใช้อบ	h	4	4	4
- การหดตัวของฉนวน สูงสุด	mm	10	10	-
- การหดตัวของเปลือก สูงสุด	%	-	-	5
4. ความเยื้องศูนย์กลางของเปลือก สูงสุด	%	-	-	43

ตารางที่ 12 คุณลักษณะทางไฟฟ้า
(ข้อ 6.2.1 ถึงข้อ 6.2.10)

รายละเอียด	หน่วย	ขนาดตัวนำ mm			
		0.4	0.5	0.65	0.9
1. ความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ					
- ความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรง สูงสุด	Ω/km	144.4	90.2	57.1	28.5
2. ความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ					
- ความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงแต่ละคู่สาย สูงสุด	%	5.0	5.0	4.0	4.0
- ความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงเฉลี่ย สูงสุด	%	2.0	1.5	1.5	1.5
3. ความจุไฟฟ้าร่วม					
3.1 กรณีมีคู่สายน้อยกว่า 25 คู่สาย					
- ความจุไฟฟ้าร่วมเฉลี่ย	nF/km	52 ± 4	52 ± 4	52 ± 4	52 ± 4
3.2 กรณีมีคู่สายตั้งแต่ 25 คู่สายขึ้นไป					
- ความจุไฟฟ้าร่วมเฉลี่ย	nF/km	52 ± 2	52 ± 2	52 ± 2	52 ± 2
4. ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย					
4.1 กรณีมีคู่สาย 6 คู่สาย หรือน้อยกว่า					
- ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย สูงสุด	pF/km	181	181	181	181
4.2 กรณีมีคู่สายมากกว่า 6 คู่สาย					
- ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย สูงสุด	pF/km	45	45	45	45
5. ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน					
5.1 กรณีมีคู่สาย 6 คู่สาย หรือน้อยกว่า					
- ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน สูงสุด	pF/km	2 625	2 625	2 625	2 625
5.2 กรณีมีคู่สายมากกว่า 6 คู่สาย					
- ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน สูงสุด	pF/km	2 625	2 625	2 625	2 625
- ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน สูงสุด	pF/km	574	574	574	574
6. การลดทอนสัญญาณที่ความถี่ 772 kHz					
- การลดทอนสัญญาณเฉลี่ย สูงสุด	dB/km	24.26	19.34	15.41	10.82

ตารางที่ 12 คุณลักษณะทางไฟฟ้า (ต่อ)

รายละเอียด	หน่วย	ขนาดตัวนำ mm			
		0.4	0.5	0.65	0.9
7. การสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สาย					
7.1 ปลายด้านไกล ที่ความถี่ 150 kHz					
- ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สาย ต่ำสุด	dB/km	67.8	67.8	67.8	67.8
- การสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สาย ต่ำสุด	dB/km	57.8	57.8	57.8	57.8
7.2 ปลายด้านใกล้ ที่ความถี่ 772 kHz					
ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ต่ำสุด					
- ขนาดยูนิตไม่เกิน 13 คู่สาย	dB	56	56	56	56
- ขนาดยูนิตเป็น 18 และ 25 คู่สาย	dB	60	60	60	60
- ขนาดยูนิตไม่เกิน 13 คู่สาย คู่สายแต่ละคู่อยู่ติดกัน	dB	65	65	65	65
- ขนาดยูนิตเป็น 25 คู่สาย คู่สายแต่ละคู่อยู่ติดกัน	dB	66	66	66	66
- ขนาดยูนิตใด ๆ คู่สายแต่ละคู่ไม่อยู่ติดกัน	dB	81	81	81	81
8. ความต้านทานฉนวน ต่ำสุด	MΩ.km	16 000	16 000	16 000	16 000
9. ความทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างตัวนำกับตัวนำ ต่ำสุด เมื่อทดสอบเป็นเวลา 3 วินาที	V	2 400	3 000	3 600	4 500
10. ความทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างตัวนำกับชิลด์ ต่ำสุด เมื่อทดสอบเป็นเวลา 3 วินาที	V	10 000	10 000	10 000	10 000

7. การบรรจุ

7.1 การปิดผนึกปลายสาย

7.1.1 หลังการทดสอบแล้ว เพื่อป้องกันความชื้นให้ปิดผนึกปลายสายเคเบิลโทรคมนาคมทั้ง 2 ปลาย หรือครอบปลายสายเคเบิลโทรคมนาคมด้วยปลอกพีวีซีหรือวัสดุที่เทียบเท่า

7.1.2 ในกรณีที่สายเคเบิลโทรคมนาคมมีเส้นผ่านศูนย์กลางรวม 2.5 เซนติเมตร หรือมากกว่า เพื่อเป็นการตรวจสอบว่า สายเคเบิลโทรคมนาคมไม่มีการรั่วตลอดความยาวสาย ให้ปิดผนึกปลายสายเคเบิลทั้งสองด้านก่อนแล้วอัดอากาศแห้ง หรือก๊าซไนโตรเจนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ไม่เกินร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เข้าที่ปลายสาย จนกระทั่งความดันภายในสายอยู่ระหว่าง 6.3 กรัมต่อตารางมิลลิเมตร ถึง 12.6 กรัมต่อตารางมิลลิเมตร และเมื่อปล่อยทิ้งไว้ 4 ชั่วโมง แล้ววัดความดันอีกครั้ง ความดันต้องลดลงไม่เกิน 0.7 กรัมต่อตารางมิลลิเมตร

7.2 การบรรจุ

7.2.1 สายเคเบิลโทรคมนาคม ต้องบรรจุบนล้อเหล็กหรือล้อไม้ที่มีความแข็งแรงเพียงพอ โดยที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนล้อ หรือโครงสร้างอื่นๆ ที่จำเป็นให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

7.2.2 ล้อบรรจุสายเคเบิลโทรคมนาคมต้องมีแกนกลม และต้องปิดหรือห่อหุ้มด้วยวัสดุที่แข็งแรงเพื่อป้องกันไม่ให้สายเคเบิลโทรคมนาคมเกิดความเสียหาย และมีแผ่นเหล็กที่มีรูปร่างกลม สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม หรือหกเหลี่ยมที่มีความหนาเหมาะสมติดไว้ที่รูเพลาหมุนของปีกล้อ แผ่นเหล็กนี้เจาะรูสำหรับใช้สอดแกนเหล็กถาวร

7.3 ความยาวของสายเคเบิลโทรคมนาคมที่บรรจุในแต่ละล้อให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

8. เครื่องหมายและฉลาก

8.1 ที่เทปชี้บอกอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้ชัดเจน และไม่ลบเลือนง่าย

(1) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

(2) ปีที่ทำหรือช่วงปีที่ทำ (ไม่เกิน 2 ปี)

การทำเครื่องหมายและฉลากสำหรับรายละเอียดข้อ (1) และข้อ (2) ต้องปรากฏให้เห็นไปตลอดความยาวสายที่ทุกช่วงความยาวไม่เกิน 500 มิลลิเมตร

8.2 ที่สายเคเบิลโทรคมนาคมทุกเส้น อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และไม่ลบเลือน

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ หรือรหัสแทนชื่อผลิตภัณฑ์

(2) ขนาดตัวนำ เป็นมิลลิเมตร และจำนวนคู่สาย

(3) ปีที่ทำ

(4) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

(5) ความยาวตามระยะ เป็นเมตร

การทำเครื่องหมายและฉลากสำหรับรายละเอียดข้อ (1) ถึงข้อ (4) ให้อยู่ระหว่างเครื่องหมายความยาวตามระยะ การทำเครื่องหมายและฉลากต้องไม่มีผลกระทบต่อคุณลักษณะทางไฟฟ้าของสายเคเบิลโทรคมนาคม

การทำเครื่องหมายความยาวตามระยะ ต้องเป็นดังต่อไปนี้

ก. การทำเครื่องหมายความยาวตามระยะต้องเริ่มนับจากศูนย์ไปตลอดความยาวโดยไม่มีการเริ่มนับศูนย์ใหม่ โดยระบุเลขศูนย์ หรือสัญลักษณ์แสดงจุดเริ่มต้น

ข. การทำเครื่องหมายความยาวตามระยะให้แจ้งตัวเลขพร้อมสัญลักษณ์ “M” หรือ “m” ทุกช่วงความยาว (1 ± 0.01) เมตร

8.3 ที่ล้อบรรจุ อย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดดังต่อไปนี้ ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และไม่ลบเลือนง่าย

(1) ชื่อผลิตภัณฑ์ หรือรหัสแทนชื่อผลิตภัณฑ์*

(2) ขนาดตัวนำ เป็นมิลลิเมตร และจำนวนคู่สาย

(3) ความยาวของสายเคเบิลโทรคมนาคม เป็นเมตร

(4) น้ำหนักสุทธิ และน้ำหนักรวม เป็นกิโลกรัม

(5) ปีที่ทำ

(6) ลูกศรแสดงทิศทางการหมุนล้อ และตำแหน่งปลายสาย

(7) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้าที่จดทะเบียน

หมายเหตุ * หมายถึง ตัวอย่างของรหัสแทนชื่อผลิตภัณฑ์ เช่น

AP ใช้แทนสายเคเบิลโทรคมนาคมแบบไม่มีสายสะพาน

AP(8) ใช้แทนสายเคเบิลโทรคมนาคมแบบมีสายสะพาน

8.4 ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนดไว้ข้างต้น

9. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

9.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึง สายเคเบิลโทรคมนาคมที่มีแบบเดียวกัน ขนาดตัวนำเท่ากัน ฉนวนและเปลือกเหมือนกัน ที่ทำในคราวเดียวโดยต่อเนื่อง หรือส่งมอบ หรือซื้อขาย ในระยะเวลาเดียวกัน

9.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้

9.2.1 การชักตัวอย่าง

9.2.1.1 การชักตัวอย่างในแต่ละรุ่น ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันจากล้อบรรจุในแต่ละรุ่น ให้ได้ตัวอย่างตามที่กำหนดในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การชักตัวอย่างจากล้อบรรจุในแต่ละรุ่น
(ข้อ 9.2.1.1)

จำนวนล้อในรุ่น	จำนวนล้อการชักตัวอย่าง
1 – 5	1
6 – 10	2
11 – 15	3
16 – 21	4
22 – 27	5
28 – 33	6
34 – 39	7
40 – 47	8
48 – 55	9
มากกว่า 55	10

9.2.1.2 การชักตัวอย่างจำนวนของคู่สายในแต่ละล้อ ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากล้อบรรจุที่ได้ในข้อ 9.2.1.1 ให้ได้จำนวนคู่สายที่ต้องทดสอบตามที่กำหนดในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การชักตัวอย่างจำนวนของคู่สายในแต่ละล้อ
(ข้อ 9.2.1.2)

จำนวนคู่สายทั้งหมดในแต่ละล้อ	จำนวนคู่สายที่ต้องสุ่มทดสอบ
25 หรือน้อยกว่า	ทั้งหมด
25 < จำนวนคู่สาย ≤ 600	25 (1 ยูนิต)
มากกว่า 600	50 (2 ยูนิต)

หมายเหตุ การทดสอบทุกรายการให้สุ่มคู่สายตามตารางที่ 14 ยกเว้นดังต่อไปนี้

1. การทดสอบความทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ต้องทดสอบกับตัวนำหุ้มฉนวนทั้งหมดในแต่ละล้อที่สุ่ม
2. การทดสอบคุณลักษณะทางฟิสิกส์ของตัวนำและฉนวน รวมทั้งการทดสอบความต้านทานฉนวน ให้ทดสอบจำนวน 10 เส้น ที่มีสีแตกต่างกันในแต่ละยูนิตที่สุ่มมา

9.2.2 เกณฑ์การตัดสิน

ตัวอย่างต้องเป็นไป ตามข้อ 4. ข้อ 5. ข้อ 6. ข้อ 7. และข้อ 8. ทุกรายการ จึงจะถือว่าสายเคเบิลโทรคมนาคมรุ่นนั้น เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

10.การทดสอบ

10.1 ขนาดตัวนำ

10.1.1 เครื่องมือ

ไมโครมิเตอร์ หรือเวอร์เนียร์แคลลิเปอร์ส ที่วัดได้ละเอียดถึง 0.001 มิลลิเมตร

10.1.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

10.1.2.1 ตัดสายตัวนำหุ้มฉนวนยาวประมาณ 300 มิลลิเมตร เอาตัวนำออกจากฉนวน

10.1.2.2 ตัวนำต้องไม่มีรอยร้าวที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และผิวที่สะอาดปราศจากคราบออกไซด์ สิ่งสกปรกและน้ำมัน

10.1.3 วิธีทดสอบ

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ 3 ตำแหน่งที่บริเวณกึ่งกลาง และที่ปลายทั้งสองของชิ้นทดสอบ แต่ละตำแหน่งให้วัด 2 ครั้ง ที่หน้าตัดเดียวกันในแนวตั้งฉากซึ่งกันและกัน

10.1.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวนำ เป็นมิลลิเมตร

10.2 ความยืดของตัวนำ

10.2.1 เครื่องมือ

10.2.1.1 เครื่องทดสอบแรงดึงที่ได้รับการปรับเทียบให้ถูกต้องตามมาตรฐานเครื่องนั้น ๆ

10.2.1.2 เวอร์เนียร์แคลลิเปอร์ส หรือเครื่องวัดที่เทียบเท่า

10.2.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

10.2.2.1 ตัดสายตัวนำหุ้มฉนวนยาวประมาณ 300 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น เอาตัวนำออกจากฉนวน

10.2.2.2 นำตัวนำที่ได้มาทำขีดเครื่องหมาย 2 แห่งห่างกัน (200 ± 2) มิลลิเมตร เป็นความยาวพิกัดเดิม (L_o) ตรงกลางของชิ้นทดสอบ โดยไม่ทำให้ชิ้นทดสอบชำรุดหรือเกิดความเสียหายทางกล

10.2.3 วิธีทดสอบ

10.2.3.1 ให้ทดสอบอยู่ระหว่างอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส ถึง 35 องศาเซลเซียส

10.2.3.2 ระยะระหว่างปากจับต้องยาวกว่าความยาวพิกัดเดิมอย่างน้อย 50 มิลลิเมตร

10.2.3.3 ชิ้นทดสอบต้องจับด้วยวิธีที่เหมาะสม และปากจับอยู่ห่างจากขีดเครื่องหมายข้างละเท่า ๆ กัน

10.2.3.4 ทดสอบที่อัตราการดึง (100 ± 20) มิลลิเมตรต่อนาที

10.2.3.5 ดึงจนกระทั่งชิ้นทดสอบขาด บันทึกความยาวพิกัดสุดท้าย (L_u) ก็ต่อเมื่อการขาดเกิดขึ้นระหว่างเครื่องหมายพิกัด

10.2.3.6 คำนวณความยืดดังนี้

$$EL = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$$

โดยที่ EL คือ ความยืด เป็นร้อยละ

L_u คือ ความยาวพิกัดสุดท้าย เป็นมิลลิเมตร

L_o คือ ความยาวพิกัดเดิม เป็นมิลลิเมตร

10.2.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลเป็นค่ามัธยฐานของความยืดที่คำนวณได้ เป็นร้อยละ

10.3 ความต้านแรงดึงและความยืดของฉนวน

10.3.1 เครื่องมือ

10.3.1.1 เครื่องทดสอบแรงดึงที่ได้รับการปรับเทียบให้ถูกต้องตามมาตรฐานเครื่องนั้นๆ

10.3.1.2 เวอร์เนียร์แคลลิเปอร์ส หรือเครื่องวัดที่เทียบเท่า

10.3.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

10.3.2.1 ตัดสายตัวนำหุ้มฉนวนยาวประมาณ 300 มิลลิเมตร จำนวน 3 ชิ้น เอาตัวนำออกจากฉนวน โดยไม่ทำให้ชิ้นทดสอบชำรุดหรือเกิดความเสียหายทางกล วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

10.3.2.2 นำฉนวนรูปท่อที่ได้มาทำขีดเครื่องหมาย 2 แห่งห่างกัน 25 มิลลิเมตร เป็นความยาวพิกัดเดิมตรงกลางของชิ้นทดสอบ

10.3.2.3 หาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ โดยคำนวณจากเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเฉลี่ยและเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ย ซึ่งได้จากการวัดชิ้นทดสอบที่ตำแหน่งที่ตั้งฉากกัน 2 ครั้ง จากสูตร

$$\text{พื้นที่หน้าตัด (ตารางเซนติเมตร)} = \frac{\pi}{4}(OD^2 - ID^2)$$

โดยที่ OD คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเฉลี่ย เป็นเซนติเมตร

ID คือ เส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ย เป็นเซนติเมตร

10.3.3 วิธีทดสอบ

10.3.3.1 ให้ทดสอบอยู่ระหว่างอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ถึง 28 องศาเซลเซียส

10.3.3.2 ระยะระหว่างปากจับต้องยาวกว่าความยาวพิกัดเดิมไม่เกิน 50 มิลลิเมตร

10.3.3.3 ชิ้นทดสอบต้องจับด้วยวิธีที่เหมาะสม และปากจับอยู่ห่างจากขีดเครื่องหมายข้างละเท่า ๆ กัน

10.3.3.4 ทดสอบที่อัตราการดึง (50 ± 5) มิลลิเมตรต่อนาที

10.3.3.5 ดึงชิ้นทดสอบจนกระทั่งขาด บันทึกค่าแรงดึงและความยาวพิกัดสุดท้ายก็ต่อเมื่อการขาดเกิดขึ้นระหว่างเครื่องหมายพิกัด

10.3.3.6 คำนวณความต้านแรงดึงดังนี้

$$TS = \frac{F}{A}$$

โดยที่ TS คือ ความต้านแรงดึง เป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร

F คือ ค่าของแรงที่วัดได้ที่จุดขาด เป็นกิโลกรัม

A คือ พื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ เป็นตารางเซนติเมตร

10.3.3.7 คำนวณความยืด เช่นเดียวกับข้อ 10.2.3.6

10.3.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลเป็นค่ามัธยฐานของความต้านแรงดึงที่คำนวณได้ เป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่ามัธยฐานของความยืดที่คำนวณได้ เป็นร้อยละ

10.4 การโค้งงอที่อุณหภูมิต่ำของฉนวน

10.4.1 เครื่องมือ

10.4.1.1 ตู้ทำความเย็น (cooling chamber)

10.4.1.2 แมนเดรล

(1) กรณีฉนวนเป็นพอลิเอทิลีนใช้ขนาดของแมนเดรล เป็นสามเท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำหุ้มฉนวน

(2) กรณีฉนวนเป็นพอลิโพรพิลีนใช้ขนาดของแมนเดรล เท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำหุ้มฉนวน

10.4.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวนำหุ้มฉนวนสำหรับเป็นชิ้นทดสอบ หากตัวอย่างชำรุดซึ่งเกิดจากความเสียหายทางกลไม่ให้นำมาเป็นชิ้นทดสอบ

10.4.3 วิธีทดสอบ

10.4.3.1 นำชิ้นทดสอบใส่ในตู้ทำความเย็นที่อุณหภูมิ (0 ±1) องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

10.4.3.2 เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว นำชิ้นทดสอบที่ผ่านการทำให้เย็นพันรอบแมนเดรลทันที ในอัตราการพันที่สม่ำเสมอให้ชิดกัน โดยให้จำนวนรอบในการพันไม่น้อยกว่า 6 รอบ และใช้เวลาในการพันไม่เกิน 1 นาที

10.4.3.3 ตรวจดูสภาพผิวฉนวนของชิ้นทดสอบด้วยตาเปล่า

10.4.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลว่ามี หรือไม่มีรอยแตกราน

10.5 การหดตัวของฉนวน

10.5.1 เครื่องมือ

10.5.1.1 ตู้อบความร้อน

10.5.1.2 กล้องจุลทรรศน์ หรือเครื่องวัดที่เทียบเท่า

10.5.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

10.5.2.1 ตัดตัวนำหุ้มฉนวนความยาวประมาณ 1.5 เมตร จากนั้นให้ตัดส่วนกลางของตัวนำหุ้มฉนวนให้เหลือความยาวประมาณ 200 มิลลิเมตร

10.5.2.2 ตัดปลายทั้งสองข้างของตัวนำหุ้มฉนวนให้มีหน้าตัดเรียบเสมอกัน และมีความยาว 150 มิลลิเมตร สำหรับเป็นชิ้นทดสอบ

10.5.3 วิธีทดสอบ

10.5.3.1 นำชิ้นทดสอบใส่ในตู้อบความร้อนที่มีการถ่ายเทอากาศ โดยใช้อุณหภูมิและช่วงเวลาที่ระบุในตารางที่ 11

10.5.3.2 เมื่อครบตามช่วงเวลาที่กำหนด นำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง วัดความยาวที่หดตัวของฉนวนที่ปลายทั้งสองข้าง

10.5.3.3 บันทึกผลรวมความยาวที่หดตัวของฉนวนที่ปลายทั้งสองข้าง

10.5.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลรวมของความยาวที่หดตัวของฉนวนที่ปลายทั้งสองข้าง เป็นค่าการหดตัวของฉนวน เป็นมิลลิเมตร

10.6 ความหนาของเปลือก

10.6.1 เครื่องมือ

กล้องจุลทรรศน์หรือเครื่องฉายหน้าข้าง (profile projector) ที่มีกำลังขยายอย่างน้อย 10 เท่า และวัดได้ละเอียด 0.01 มิลลิเมตร ในกรณีที่มีข้อสงสัยให้ใช้การวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์เป็นวิธีอ้างอิง

10.6.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดเปลือกเป็นแผ่นบางตามระนาบที่ตั้งฉากกับแนวแกนของสายเคเบิลโทรคมนาคม ถ้าการทำเครื่องหมายบนเปลือกเป็นเหตุให้ความหนาส่วนนั้นลดลง ให้ใช้เปลือกตรงที่มีเครื่องหมายนั้นเป็นชิ้นทดสอบ

10.6.3 วิธีทดสอบ

ให้วัดความหนา 6 ครั้ง ที่ระยะตามแนวเส้นรอบวงเท่า ๆ กัน โดยที่จุดแรกที่วัดต้องเป็นจุดที่ความหนาเปลือกต่ำสุด

10.6.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความหนาเฉลี่ยของเปลือก และความหนาต่ำสุดของเปลือก เป็นมิลลิเมตร

10.7 ความเยื้องศูนย์กลางของเปลือก

10.7.1 เครื่องมือ

ใช้เครื่องมือชนิดเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.6.1

10.7.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ใช้ชิ้นทดสอบเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.6.2

10.7.3 วิธีทดสอบ

10.7.3.1 วัดความหนาเปลือกสูงสุด

10.7.3.2 นำค่าความหนาที่ได้จากการทดสอบในข้อ 10.6.4 มาคำนวณความเยื้องศูนย์กลาง จากสูตร

$$\text{ความเยื้องศูนย์กลาง} = \frac{\text{ความหนาเปลือกสูงสุด} - \text{ความหนาเปลือกต่ำสุด}}{\text{ความหนาเปลือกเฉลี่ย}} \times 100$$

10.7.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลความเยื้องศูนย์กลางของเปลือก เป็นร้อยละ

10.8 ความต้านแรงดึงและความยืดของเปลือก

10.8.1 เครื่องมือ

10.8.1.1 เครื่องทดสอบแรงดึงที่ได้รับการปรับเทียบให้ถูกต้องตามมาตรฐานเครื่องนั้น ๆ

10.8.1.2 เวอร์เนียร์แคลลิเปอร์ส หรือเครื่องวัดที่เทียบเท่า

10.8.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

10.8.2.1 ตัดชิ้นทดสอบเป็นรูปดัมบ์เบลล์ ดังรูปที่ 2 จำนวน 3 ชิ้น โดยไม่ทำให้ชิ้นทดสอบชำรุดหรือเกิดความเสียหายทางกล

10.8.2.2 ขัดหรือตัดชิ้นทดสอบจนผิวทั้งสองด้านเรียบสม่ำเสมอกันในช่วงความยาวพิกัด ขณะตัดแต่งต้องระวังมิให้อุณหภูมิสูงขึ้นเกินควร ภายหลังการขัดหรือการตัดความหนาของชิ้นทดสอบต้องไม่มากกว่า 4 มิลลิเมตร

10.8.2.3 นำชิ้นทดสอบมาทำขีดเครื่องหมาย 2 แห่ง ห่างกัน 25 มิลลิเมตร เป็นความยาวพิกัดเดิมตรงกลางของชิ้นทดสอบ

10.8.2.4 หาพื้นที่หน้าตัดของชิ้นทดสอบ โดยวัดความกว้างและความหนา เป็นมิลลิเมตร ของชิ้นทดสอบ 3 ตำแหน่ง ระหว่างความยาวพิกัด นำค่าเฉลี่ยของความกว้างและความหนามาคำนวณหาพื้นที่หน้าตัด โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

พื้นที่หน้าตัด (ตารางมิลลิเมตร) = ความกว้าง × ความหนา

10.8.3 วิธีทดสอบ

10.8.3.1 ทดสอบที่อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20 องศาเซลเซียส ถึง 28 องศาเซลเซียส

10.8.3.2 ระยะระหว่างปากจับต้องยาวกว่าความยาวพิกัดเดิมไม่เกิน 50 มิลลิเมตร

10.8.3.3 ชิ้นทดสอบต้องจับด้วยวิธีที่เหมาะสม และปากจับอยู่ห่างจากขีดเครื่องหมายข้างละเท่า ๆ กัน

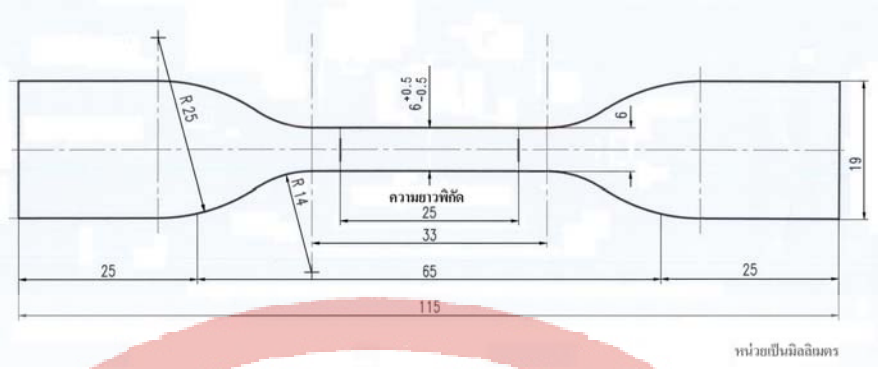
10.8.3.4 ทดสอบที่อัตราการดึง (500 ± 50) มิลลิเมตรต่อนาที

10.8.3.5 ดึงชิ้นทดสอบจนกระทั่งขาด บันทึกค่าแรงดึงและความยาวพิกัดสุดท้าย ก็ต่อเมื่อการขาดเกิดขึ้นระหว่างเครื่องหมายพิกัด

10.8.3.6 คำนวณความต้านแรงดึงและความยืด เช่นเดียวกับข้อ 10.3.3.6 และข้อ 10.2.3.6 ตามลำดับ

10.8.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลเป็นค่ามัธยฐานของความต้านแรงดึง เป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร และค่ามัธยฐานของความยืดเป็นร้อยละ



รูปที่ 2 ชิ้นทดสอบรูปดัมบ์เบลล์
(ข้อ 10.8.2)

10.9 การหดตัวของเปลือก

10.9.1 เครื่องมือ

10.9.1.1 ตู้อบความร้อน

10.9.1.2 เวอร์เนียร์แคลลิเปอร์ส หรือเครื่องมือวัดที่เทียบเท่า

10.9.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

เตรียมชิ้นทดสอบ 4 ชิ้น โดยชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นมีความยาว 51 มิลลิเมตร ความกว้าง 6.4 มิลลิเมตร และความหนาเท่ากับความหนาของเปลือก โดยเริ่มตัดชิ้นทดสอบจากเปลือกนอกตรงส่วนซ้อนเหลื่อมของชิลด์เป็นชิ้นแรก และอีก 3 ชิ้น โดยเว้นระยะห่างเท่า ๆ กันตามแนวเส้นรอบวง

10.9.3 วิธีทดสอบ

10.9.3.1 นำชิ้นทดสอบใส่ในตู้อบความร้อนที่มีการถ่ายเทอากาศ ที่อุณหภูมิ (100 ±1) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

10.9.3.2 เมื่อครบ 4 ชั่วโมง นำชิ้นทดสอบออกจากตู้อบ ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำชิ้นทดสอบมาวัดความยาว

10.9.3.3 บันทึกความยาวที่วัดได้ เป็นมิลลิเมตร

10.9.3.4 คำนวณค่าร้อยละการหดตัว จากสูตร

$$\text{ร้อยละการหดตัว} = \frac{\text{ความยาวก่อนการอบ} - \text{ความยาวหลังการอบ}}{\text{ความยาวก่อนการอบ}} \times 100$$

10.9.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลของค่าที่คำนวณได้ของการหดตัวของเปลือก เป็นร้อยละ

10.10 ความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ

10.10.1 เครื่องมือ

เครื่องมือวัดความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ ประเภทโวลต์/โอห์มมิเตอร์ เครื่องแบบวีตสโตนบริดจ์ หรือเครื่องวัดความต้านทานของตัวนำแบบต่าง ๆ ทั้งแบบอัตโนมัติและกึ่งอัตโนมัติที่สามารถวัดความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำได้ละเอียดถึงร้อยละ ± 0.5

10.10.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

10.10.2.1 ใช้สายเคเบิลโทรคมนาคมจากล้อบรรจุที่สุ่มมาเป็นชิ้นทดสอบ วัดค่าความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำตลอดความยาวทั้งล้อบรรจุ โดยให้สุ่มวัดตามที่กำหนดในข้อ 9

10.10.2.2 ที่ปลายสายเคเบิลโทรคมนาคมทั้ง 2 ด้าน ปอกเปลือกและชิลด์ออกยาวประมาณ 600 มิลลิเมตร โดยที่ตัวนำด้านต้นสายต้องแยกไม่ให้แต่ละเส้นสัมผัสกัน ส่วนตัวนำด้านปลายสายต้องลอกฉนวนของแต่ละเส้นออกยาวประมาณ 25 มิลลิเมตร ถึง 75 มิลลิเมตร หรือไม่ต้องลอกฉนวนออกก็ได้ขึ้นอยู่กับเครื่องมือวัด

10.10.3 วิธีทดสอบ

10.10.3.1 เครื่องมือวัดความต้านทานแบบวีตสโตนบริดจ์ จะมีสายของขั้วไฟฟ้า 2 เส้น นำสายเส้นหนึ่งของเครื่องจับปลายสายของเส้นสีหลักของคู่สายที่ 1 ที่อยู่ในยูนิตที่สุ่มมา และนำสายอีกเส้นหนึ่งของเครื่องจับต้นสายของเส้นสีหลักของคู่สายที่ 1 เช่นกัน

10.10.3.2 ปรับเครื่องมือวัดให้สมดุล แล้วอ่านค่าความต้านทานของตัวนำของเส้นสีหลักของคู่สายที่ 1

10.10.3.3 วัดความต้านทานของตัวนำเส้นอื่น ๆ ตามข้อ 10.10.3.1 และข้อ 10.10.3.2 จนครบตามจำนวนที่ต้องการวัด

10.10.3.4 บันทึกอุณหภูมิขณะที่วัด

10.10.3.5 นำค่าความต้านทานของตัวนำแต่ละเส้นที่วัดได้คำนวณเป็นความต้านทานต่อ 1 กิโลเมตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จากสูตร

$$R_{20} = R_t \times C_F \times \frac{1000}{L}$$

โดยที่ R_{20} คือ ความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นโอห์มต่อกิโลเมตร

R_t คือ ความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของสายเคเบิลโทรคมนาคมยาว L เมตร ที่อุณหภูมิ t องศาเซลเซียส เป็นโอห์ม

t คือ อุณหภูมิขณะที่วัด เป็นองศาเซลเซียส

C_F คือ ตัวประกอบแก้ค่า (correction factor) ของทองแดง ที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตามตารางที่ 15

L คือ ความยาวของสายเคเบิลโทรคมนาคม เป็นเมตร

10.10.3.6 สำหรับเครื่องมือวัดแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ สามารถวัดค่าความต้านทานของตัวนำได้ทีละหลาย ๆ เส้นในเวลาเดียวกัน

10.10.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงสูงสุดของตัวนำ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นโอห์มต่อกิโลเมตร

ตารางที่ 15 ตัวประกอบแก้ค่าของทองแดงที่อุณหภูมิต่าง ๆ
(ข้อ 10.10.3.5)

อุณหภูมิที่วัด °C	ตัวประกอบแก้ค่า	อุณหภูมิที่วัด °C	ตัวประกอบแก้ค่า
20.0	1.000	33.5	0.950
20.5	0.998	34.0	0.948
21.0	0.996	34.5	0.946
21.5	0.994	35.0	0.944
22.0	0.992	35.5	0.943
22.5	0.990	36.0	0.941
23.0	0.988	36.5	0.939
23.5	0.986	37.0	0.937
24.0	0.985	37.5	0.936
24.5	0.983	38.0	0.934
25.0	0.981	38.5	0.932
25.5	0.979	39.0	0.931
26.0	0.977	39.5	0.929
26.5	0.975	40.0	0.927
27.0	0.973	40.5	0.925
27.5	0.971	41.0	0.924
28.0	0.970	41.5	0.922
28.5	0.968	42.0	0.920
29.0	0.966	42.5	0.919
29.5	0.964	43.0	0.917
30.0	0.962	43.5	0.915
30.5	0.960	44.0	0.914
31.0	0.959	44.5	0.912
31.5	0.957	45.0	0.911
32.0	0.955	45.5	0.909
32.5	0.953	46.0	0.907
33.0	0.951	46.5	0.906

10.11 ความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ

10.11.1 วิธีคำนวณ

10.11.1.1 ความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ เกิดจากความแตกต่างของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างตัวนำ 2 ตัวนำในคู่สายใด ๆ ดังนั้นความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ จึงได้จากการนำค่าความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำที่วัดได้ข้อ 10.10 มาคำนวณหาจากสูตร

$$R_u = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{\min}} \times 100$$

โดยที่ R_u คือ ความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำ เป็นร้อยละ

$R_{\max}$ คือ ค่าสูงสุดของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำใน 1 คู่สาย เป็นโอห์มต่อกิโลเมตร

$R_{\min}$ คือ ค่าต่ำสุดของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำใน 1 คู่สาย เป็นโอห์มต่อกิโลเมตร

10.11.1.2 หาค่าความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงของตัวนำให้ครบตามจำนวนที่วัดในข้อ 10.10

10.11.2 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงแต่ละคู่สายสูงสุด และความไม่สมดุลของความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงเฉลี่ย เป็นร้อยละ

10.12 ความจุไฟฟ้าร่วม

10.12.1 เครื่องมือ

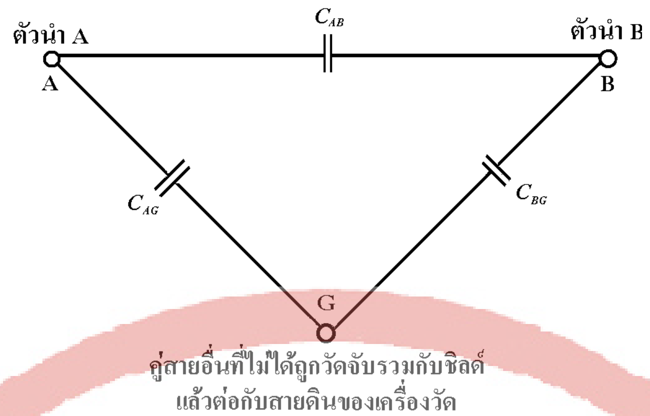
เครื่องมือที่สามารถวัดความจุไฟฟ้าร่วม ได้แก่ เครื่องวัดอิมพีแดนซ์บริดจ์ (impedance bridge) มาตรความจุ (capacitance meter) หรือเครื่องวัดแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ

10.12.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ใช้ตัวอย่างทดสอบเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.10

10.12.3 วิธีทดสอบ

10.12.3.1 ความจุไฟฟ้าร่วมของลวดตัวนำ 2 เส้นใน 1 คู่สาย เกิดขึ้นดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ของการเกิดความจุไฟฟ้าร่วม
(ข้อ 10.12.3.1)

หาได้จากสูตร

$$CM_L = C_{AB} + \frac{C_{AG} \times C_{BG}}{C_{AG} + C_{BG}}$$

โดยที่ A และ B เป็นตัวนำใน 1 คู่สาย

CM_L คือ ความจุไฟฟ้าร่วมที่วัดได้ เป็นนาโนฟารัด

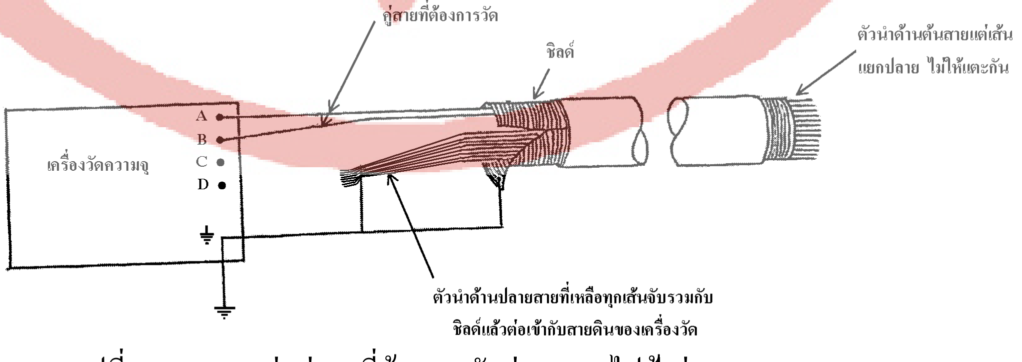
C_{AB} คือ ความจุไฟฟ้าระหว่างตัวนำ A กับ B เป็นนาโนฟารัด

C_{AG} คือ ความจุไฟฟ้าระหว่างตัวนำ A กับสายดิน เป็นนาโนฟารัด

C_{BG} คือ ความจุไฟฟ้าระหว่างตัวนำ B กับสายดิน เป็นนาโนฟารัด

10.12.3.2 การวัดค่าความจุไฟฟ้าร่วมของคู่สายแต่ละคู่ให้วัดที่ความถี่ (1 000 $\pm$ 100) เฮิรตซ์ และที่อุณหภูมิ (25 $\pm$ 3) องศาเซลเซียส

10.12.3.3 นำปลายของคู่สายที่จะวัด (ตัวนำ A และ B) ต่อเข้ากับขั้วของเครื่องวัด ส่วนคู่สายคู่อื่นๆ จับรวมกันกับชิลด์ และต่อเข้ากับสายดินของเครื่องวัด ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงการต่อคู่สายที่ต้องการวัดค่าความจุไฟฟ้าร่วม
(ข้อ 10.12.3.3)

10.12.3.4 ปรับเครื่องมือวัดให้สมดุล อ่านค่าความจุไฟฟ้าร่วมที่วัดได้

10.12.3.5 นำค่าความจุไฟฟ้าร่วมที่วัดได้ มาคำนวณเป็นความจุไฟฟ้าร่วมต่อ 1 กิโลเมตร จากสูตร

$$CM = \frac{CM_L \times 1000}{L}$$

โดยที่ CM คือ ความจุไฟฟ้าร่วม เป็นนาโนฟารัดต่อกิโลเมตร

CM_L คือ ความจุไฟฟ้าร่วมที่วัดได้ เป็นนาโนฟารัด

L คือ ความยาวของสายเคเบิลโทรคมนาคม เป็นเมตร

10.12.3.6 วัดค่าความจุไฟฟ้าร่วมของคู่สายอื่น ๆ ตามข้อ 10.12.3.2 ถึงข้อ 10.12.3.5 จนครบตามจำนวนที่ต้องการวัด

10.12.3.7 สำหรับเครื่องมือวัดแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติจะสามารถวัดค่าความจุไฟฟ้าร่วมได้ทีละหลาย ๆ คู่สายในเวลาเดียวกัน

10.12.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความจุไฟฟ้าร่วมเฉลี่ย เป็นนาโนฟารัดต่อกิโลเมตร

10.13 ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย

10.13.1 เครื่องมือ

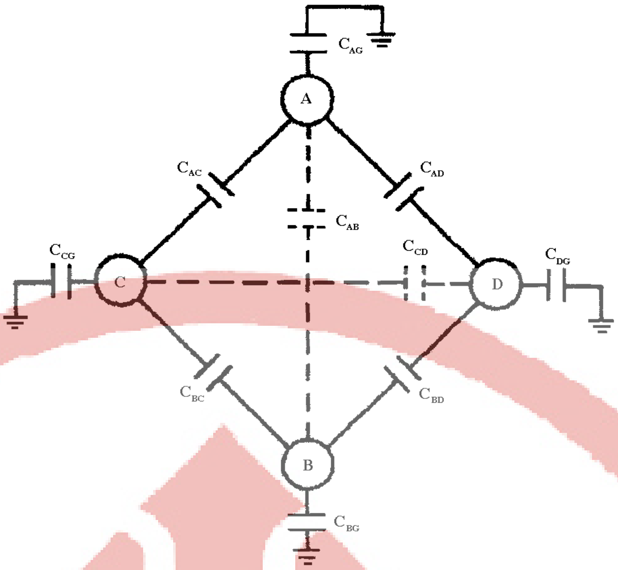
ใช้เครื่องมือชนิดเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.12

10.13.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ใช้ตัวอย่างทดสอบเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.10

10.13.3 วิธีทดสอบ

10.13.3.1 ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สายเกิดขึ้นดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงวงจรการเกิดความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย
(ข้อ 10.13.3.1)

โดยที่ A และ B เป็นตัวนำของคู่สายหนึ่ง

C และ D เป็นตัวนำของอีกคู่สายหนึ่ง

C_{AC} เป็นความจุไฟฟ้าระหว่างตัวนำ A กับ C

C_{AD} เป็นความจุไฟฟ้าระหว่างตัวนำ A กับ D

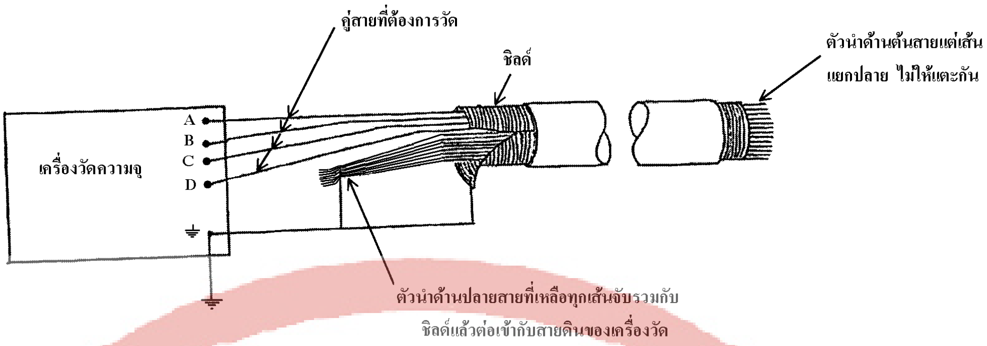
C_{BC} เป็นความจุไฟฟ้าระหว่างตัวนำ B กับ C

C_{BD} เป็นความจุไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างตัวนำ B กับ D

และ C_{AG} C_{BG} C_{CG} C_{DG} เป็นความจุไฟฟ้าของตัวนำ A B C และ D ตามลำดับ เมื่อเทียบกับสายดินของเครื่องวัด

10.13.3.2 การวัดความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย ให้วัดที่ความถี่ (1 000 $\pm$ 100) เฮิรตซ์ และที่อุณหภูมิ (25 $\pm$ 3) องศาเซลเซียส

10.13.3.3 นำปลายของคู่สายที่จะวัดคู่ที่ 1 (ตัวนำ A และ B) และคู่สายคู่ที่ 2 (ตัวนำ C และ D) ต่อเข้ากับขั้วของเครื่องวัด ส่วนคู่สายคู่อื่น ๆ ให้จับรวมกันกับชิลด์ แล้วต่อเข้ากับสายดินของเครื่อง ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงการต่อคู่สายที่ต้องการวัดความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย
(ข้อ 10.13.3.3)

10.13.3.4 ปรับเครื่องมือวัดให้สมดุล อ่านค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้

10.13.3.5 วัดความจุไฟฟ้าของคู่สายอื่น ๆ เช่นเดียวกัน ตามข้อ 10.13.3.2 ถึงข้อ 10.13.3.4 จนครบตามจำนวนที่ต้องการวัด

10.13.3.6 สายเคเบิลโทรคมนาคม ที่มีหลาย ๆ ยูนิต ในแต่ละยูนิตที่มีจำนวนคู่สาย 25 คู่สาย หรือน้อยกว่า ต้องวัดค่าความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายดังนี้

(1) ระหว่างคู่สายที่อยู่ติดกันในชั้นเดียวกัน

(2) ระหว่างคู่สายที่เป็นศูนย์กลาง ในกรณีที่มีจำนวนคู่สาย 4 คู่สาย หรือน้อยกว่า และ

(3) ระหว่างคู่สายของชั้นที่อยู่ติดกัน เมื่อจำนวนคู่สายในชั้นใน (ชั้นที่มีจำนวนคู่สายน้อยกว่า) มี 6 คู่สาย หรือน้อยกว่า ทั้งนี้ที่ศูนย์กลางให้นับเป็น 1 ชั้น

10.13.3.7 ค่าความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย คำนวณได้จากสูตร

$$CUPP_L = (C_{AD} + C_{BC}) - (C_{AC} + C_{BD})$$

โดยที่ $CUPP_L$ คือ ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย เป็นพิโกฟารัด

10.13.3.8 การคำนวณความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย เป็นพิโกฟารัดต่อกิโลเมตร จากสูตร

$$CUPP = \frac{CUPP_L \times 1000}{L}$$

โดยที่ $CUPP$ คือ ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย เป็นพิโกฟารัดต่อกิโลเมตร

$CUPP_L$ คือ ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สายที่วัดได้ เป็นพิโกฟารัด

L คือ ความยาวของสายเคเบิลโทรคมนาคม เป็นเมตร

10.13.3.9 การคำนวณค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย เป็นพิโกฟารัดต่อกิโลเมตร จากสูตร

$$CUPP_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} CUPP_i^2}$$

โดยที่ $CUPP_{rms}$ คือ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย เป็นพิโกฟารัดต่อกิโลเมตร

$CUPP_i$ คือ ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย เป็นพิโกฟารัดต่อกิโลเมตร

N คือ จำนวนของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สายทั้งหมด

10.13.4 การรายงานผล

กรณีมีคู่สาย 6 คู่สาย หรือน้อยกว่า ให้รายงานค่าความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สายสูงสุดของกลุ่มที่ต้องการวัด สำหรับกรณีมีคู่สายมากกว่า 6 คู่สาย ให้รายงานค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับคู่สาย

10.14 ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน

10.14.1 เครื่องมือ

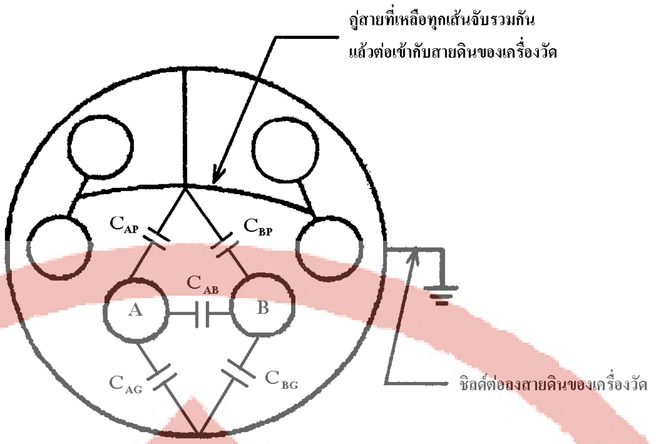
ใช้เครื่องมือชนิดเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.12

10.14.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ใช้ตัวอย่างทดสอบเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.10

10.14.3 วิธีทดสอบ

10.14.3.1 ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดินเกิดขึ้นดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 แสดงวงจรการเกิดความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน
(ข้อ 10.14.3.1)

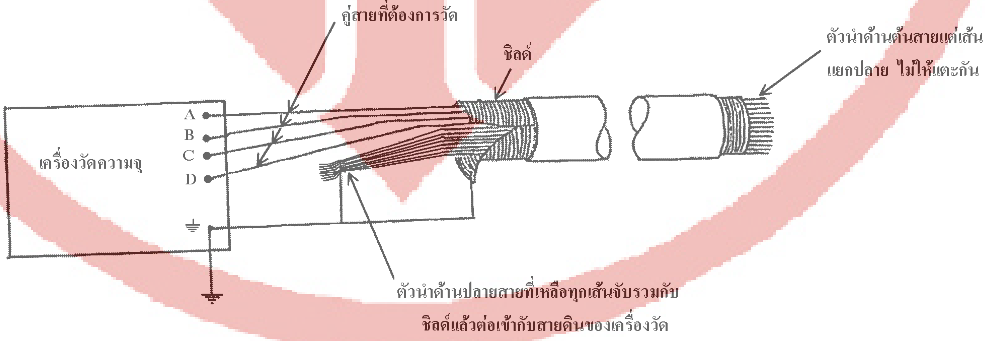
โดยที่ A และ B เป็นตัวนำของคู่สายหนึ่ง

C_{AG} และ C_{BG} เป็นความจุไฟฟ้าระหว่างตัวนำ A กับ B กับชิลด์ที่ต่อลงสายดินของเครื่องวัด

C_{AP} และ C_{BP} เป็นความจุไฟฟ้าระหว่างตัวนำ A กับ B กับตัวนำของคู่สายที่เหลือทุกเส้นจับรวมกัน แล้วต่อลงสายดินของเครื่องวัด

10.14.3.2 การวัดความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน ให้วัดที่ความถี่ (1 000 ± 100) เฮิรตซ์ และที่อุณหภูมิ (25 ± 3) องศาเซลเซียส

10.14.3.3 นำปลายของคู่สายที่จะวัด (ตัวนำ A และ B) ต่อเข้ากับขั้วของเครื่องวัด ต่อชิลด์เข้ากับสายดิน ส่วนคู่สายคู่อื่น ๆ ให้จับรวมกันและต่อเข้ากับสายดินของเครื่องวัด ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 แสดงการต่อคู่สายที่ต้องการวัดความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน
(ข้อ 10.14.3.3)

10.14.3.4 ปรับเครื่องมือวัดให้สมดุล อ่านค่าความจุไฟฟ้าที่วัดได้

10.14.3.5 วัดความจุไฟฟ้าของคู่สายอื่นๆเช่นเดียวกัน ตามข้อ 10.14.3.2 ถึงข้อ 10.14.3.4 จนครบตามจำนวนที่ต้องการวัด

10.14.3.6 ค่าความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน คำนวณได้จากสูตร

$$CUPG_L = (C_{AG} + C_{AP}) - (C_{BG} + C_{BP})$$

โดยที่ $CUPG_L$ คือ ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน เป็นพิโกฟารัด

10.14.3.7 การคำนวณความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน เป็นพิโกฟารัดต่อกิโลเมตร จากสูตร

$$CUPG = \frac{CUPG_L \times 1000}{L}$$

โดยที่ $CUPG$ คือ ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน เป็นพิโกฟารัดต่อกิโลเมตร

$CUPG_L$ คือ ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดินที่วัดได้ เป็นพิโกฟารัด

L คือ ความยาวของสายเคเบิลโทรคมนาคม เป็นเมตร

10.14.3.8 การคำนวณค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน เป็นพิโกฟารัดต่อกิโลเมตร จากสูตร

$$CUPG_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} CUPG_i^2}$$

โดยที่ $CUPG_{rms}$ คือ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน เป็นพิโกฟารัดต่อกิโลเมตร

$CUPG_i$ คือ ความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดินเป็นพิโกฟารัดต่อกิโลเมตร

N คือ จำนวนของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดินทั้งหมด

10.14.4 การรายงานผล

กรณีที่มีคู่สาย 6 คู่สาย หรือน้อยกว่า ให้รายงานค่าความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดินสูงสุดของคู่สายในกลุ่มที่ต้องการวัดเท่านั้น สำหรับกรณีที่มีคู่สายมากกว่า 6 คู่สาย ให้รายงานค่าความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดินสูงสุดของคู่สายในกลุ่มที่ต้องการวัด และค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของความไม่สมดุลของความจุไฟฟ้าระหว่างคู่สายกับสายดิน

10.15 การลดทอนสัญญาณ

10.15.1 เครื่องมือ

เครื่องมือที่สามารถวัดค่าการลดทอนสัญญาณ ได้แก่ เครื่องกำเนิดสัญญาณ และมาตรวัดระดับ (level meter) แบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ

10.15.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ใช้ตัวอย่างทดสอบเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.10

10.15.3 วิธีทดสอบ

10.15.3.1 ต่อปลายสายทั้งสองด้านเข้ากับเครื่องมือวัด

10.15.3.2 ปล่อยสัญญาณเข้าทางปลายด้านหนึ่ง และวัดสัญญาณออกจากปลายอีกด้านหนึ่ง ให้ใช้ความถี่ 772 กิโลเฮิรตซ์

10.15.3.3 นำค่าที่วัดได้มาคำนวณตามสูตร

$$\alpha_{iT} = \left| 20 \cdot \log\left(\frac{V_{iN}}{V_{iF}}\right) \right| \times \frac{1000}{L}$$

โดยที่ α_{iT} คือ ค่าการลดทอนสัญญาณที่ความยาวของสายคู่ที่ i ที่อุณหภูมิขณะที่วัด เป็นเดซิเบลต่อกิโลเมตร

i คือ คู่สายที่รบกวน

V_{iN} คือ ระดับแรงดันสัญญาณเข้า

V_{iF} คือ ระดับแรงดันสัญญาณออก

L คือความยาวของสายเคเบิลโทรคมนาคม เป็นเมตร

10.15.3.4 หาค่าการลดทอนสัญญาณ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จากสูตร

$$\alpha_{20} = \frac{\alpha_{iT}}{1 + 0.0022(T - 20)}$$

โดยที่ α_{20} คือ ค่าการลดทอนสัญญาณ ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเดซิเบลต่อกิโลเมตร

T คือ อุณหภูมิขณะที่วัด เป็นองศาเซลเซียส

10.15.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าการลดทอนสัญญาณเฉลี่ย ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเดซิเบลต่อกิโลเมตร

10.16 การสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สาย

10.16.1 เครื่องมือ

เครื่องมือที่สามารถวัดค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายของสายเคเบิลโทรคมนาคมได้ เช่น เครื่องมือวัดแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติ

10.16.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ใช้ตัวอย่างทดสอบเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.10

10.16.3 วิธีทดสอบ

10.16.3.1 ต่อปลายสายทั้งสองด้านเข้ากับเครื่องมือวัด

10.16.3.2 การวัดค่าสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านไกลให้ใช้ความถี่ 150 กิโลเฮิรตซ์ และการวัดค่าสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านใกล้ให้ใช้ความถี่ 772 กิโลเฮิรตซ์

10.16.3.3 ให้วัดค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านไกลของ

(1) คู่ที่อยู่ติดกันทั้งหมดในชั้นเดียวกัน

(2) ระหว่างคู่เว้นคู่ในชั้นเดียวกัน

(3) ทุกคู่ที่อยู่ชั้นศูนย์กลางกับทุกคู่ที่อยู่ชั้นแรกที่ถัดไปจากชั้นศูนย์กลาง

แล้วให้นำค่าที่วัดได้มาคำนวณจากสูตร

$$ELFEXT_{ij} = \left| 20 \cdot \log \frac{V_{iF}}{V_{jF}} \right|$$

โดยที่ $ELFEXT_{ij}$ คือ ค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านไกลระหว่างคู่สาย i กับคู่สาย j เป็นเดซิเบล

i คือ คู่สายที่รบกวน

j คือ คู่สายที่ถูกรบกวน

V_{iF} คือ ระดับแรงดันสัญญาณออกที่ปลายด้านไกลของคู่สาย i

V_{jF} คือ ระดับแรงดันสัญญาณออกที่ปลายด้านไกลของคู่สาย j

10.16.3.4 ให้นำค่าที่ได้จากการวัดตามข้อ 10.16.3.3 มาคำนวณหาค่ารากกำลังสองเฉลี่ย จากสูตร

$$ELFEXT_{rms} = \left| 20 \cdot \log \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n}\left[\left(\frac{V_{iF}}{V_{jF}}\right)^2\right]_k}{N}} \right|$$

โดยที่ $ELFEXT_{rms}$ คือ ค่ารากกำลังสองเฉลี่ยของการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านไกล เป็นเดซิเบล

N คือ จำนวนค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านไกลที่วัด

k คือ คู่สายขณะที่วัดค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านไกล

V_{iF} คือ ระดับแรงดันสัญญาณออกที่ปลายด้านไกลของคู่สาย i

V_{jF} คือ ระดับแรงดันสัญญาณออกที่ปลายด้านไกลของคู่สาย j

กรณีที่วัดการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายปลายด้านไกล ที่ความยาว L สามารถหาค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายปลายด้านไกล ที่ความยาว 1 กิโลเมตร ได้โดยใช้สูตร

$$ELFEXT = ELFEXT_L - 10\log\frac{1000}{L}$$

โดยที่ $ELFEXT$ คือ ค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายปลายด้านไกล เป็นเดซิเบลต่อกิโลเมตร

$ELFEXT_L$ คือ ค่า $ELFEXT$ ที่วัดได้เป็นเดซิเบล ที่ความยาว L เมตร

L คือ ความยาวสายเคเบิลโทรคมนาคม เป็นเมตร

10.16.3.5 ให้วัดค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านไกลของทุก ๆ คู่สายตามข้อ 10.16.3.3 เทียบกัน เพื่อหาค่าต่ำสุด

10.16.3.6 ให้วัดค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านใกล้ของทุก ๆ คู่สายเทียบกัน โดยใช้สูตร

$$NEXT_{ij} = \left| 20\log\frac{V_{iN}}{V_{jN}} \right|$$

โดยที่ $NEXT_{ij}$ คือ ค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านใกล้ระหว่างคู่สาย i กับคู่สาย j เป็นเดซิเบล

i	คือ	คู่สายที่รบกวน
j	คือ	คู่สายที่ถูกรบกวน
V_{iN}	คือ	ระดับแรงดันสัญญาณเข้าที่ปลายด้านใกล้ของคู่สาย i
V_{jN}	คือ	ระดับแรงดันสัญญาณออกที่ปลายด้านใกล้ของคู่สาย j

กรณีที่ความยาวน้อยกว่า 305 m ให้ปรับแก้ค่าโดยใช้สูตร

$$NEXT_{ijL_x} = NEXT_{ijL_0} - 10\log\left[\frac{1-e^{-4\alpha L_x}}{1-e^{-4\alpha L_0}}\right]$$

โดยที่

$NEXT_{ijL_x}$	คือ	การสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านใกล้ระหว่างคู่สาย i กับคู่สาย j เป็นเดซิเบล ที่ความยาว L_x
$NEXT_{ijL_0}$	คือ	การสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายที่ปลายด้านใกล้ระหว่างคู่สาย i กับคู่สาย j เป็นเดซิเบล ที่ความยาว L_0
L_0	คือ	ความยาวสายที่วัด เป็นเมตร
L_X	คือ	ความยาวอ้างอิง (305 เมตร)
e	คือ	ค่าคงที่ มีค่าเท่ากับ 2.71828
α	คือ	ค่าการลดทอนสัญญาณเฉลี่ย เป็นเนเปอร์ต่อหน่วยความยาว
1 เนเปอร์		มีค่าเท่ากับ 8.686 เดซิเบล

กรณีที่ความยาวสายมากกว่าหรือเท่ากับ 305 เมตร ไม่ต้องปรับแก้สูตร

10.16.4 การรายงานผล

10.16.4.1 ค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายปลายด้านไกล ให้รายงานค่ารากกำลังสองเฉลี่ยและค่าต่ำสุด เป็นเดซิเบลต่อกิโลเมตร

10.16.4.2 ค่าการสูญเสียเนื่องจากสัญญาณแทรกข้ามคู่สายปลายด้านใกล้ ให้รายงานค่าผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เป็นเดซิเบล

10.17 ความต้านทานฉนวน

10.17.1 เครื่องมือ

เครื่องมือที่สามารถวัดความต้านทานฉนวนของสายเคเบิลโทรคมนาคม ได้แก่ มาตรเมกะโอห์ม (meg-Ohm-meter) หรือเครื่องทดสอบความต้านทานฉนวน (insulation resistance tester)

10.17.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ใช้ตัวอย่างทดสอบเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.10

10.17.3 วิธีทดสอบ

10.17.3.1 นำปลายของสายเส้นที่ต้องการวัดมาหนึ่งเส้นต่อเข้ากับขั้วของเครื่องวัด ส่วนปลายสายที่เหลือให้จับรวมกันกับชิลด์ แล้วต่อเข้ากับสายดินของเครื่องวัด

10.17.3.2 การวัดจะต้องวัดด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไม่น้อยกว่า 100 โวลต์ และไม่เกิน 550 โวลต์ นาน 1 นาที ให้วัดที่อุณหภูมิโดยรอบไม่น้อยกว่า 25 องศาเซลเซียส

10.17.3.3 อ่านค่าความต้านทานฉนวนของตัวอย่างทดสอบ

10.17.3.4 วัดความต้านทานฉนวนของสายเส้นอื่น ๆ เช่นเดียวกัน ตามข้อ 10.17.3.1 ถึงข้อ10.17.3.3 จนครบตามจำนวนที่ต้องการวัด

10.17.3.5 นำค่าความต้านทานฉนวนของสายแต่ละเส้นที่วัดได้มาคำนวณเป็นความต้านทานที่ 1 กิโลเมตร จากสูตร

$$IR_0 = \frac{IR_M \times L}{1000}$$

โดยที่ IR_0 คือ ความต้านทานฉนวน เป็นเมกะโอห์ม กิโลเมตร

IR_M คือ ความต้านทานฉนวนที่วัดได้ เป็นเมกะโอห์ม

L คือ ความยาวของสายเคเบิลโทรคมนาคม เป็นเมตร

10.17.4 การรายงานผล

ให้รายงานค่าความต้านทานฉนวนต่ำสุด เป็นเมกะโอห์ม กิโลเมตร และอุณหภูมิโดยรอบขณะที่วัด เป็นองศาเซลเซียส

10.18 ความทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างตัวนำกับตัวนำ

10.18.1 เครื่องมือ

เครื่องมือที่สามารถทดสอบความทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างตัวนำกับตัวนำของสายเคเบิลโทรคมนาคม ได้แก่ เครื่องทดสอบแรงดันไฟฟ้าแรงสูง (high voltage tester)

10.18.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ใช้ตัวอย่างทดสอบเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.10

10.18.3 วิธีทดสอบ

10.18.3.1 นำปลายของสายเส้นที่ต้องการทดสอบมาหนึ่งเส้นต่อเข้ากับขั้วของเครื่องทดสอบ ส่วนปลายสายที่เหลือให้จับรวมกันกับชิลด์ แล้วต่อเข้ากับสายดินของเครื่องทดสอบ

10.18.3.2 ป้อนแรงดันไฟฟ้าด้วยอัตราประมาณ 3 000 โวลต์ต่อวินาที จนถึงแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการทดสอบตามที่กำหนดในตารางที่ 12

10.18.3.3 รักษาระดับแรงดันไฟฟ้านั้นเป็นเวลา 3 วินาที

10.18.3.4 ทดสอบความทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงของสายเส้นอื่นๆ เช่นเดียวกัน ตามข้อ 10.18.3.1 ถึงข้อ 10.18.3.3 จนครบตามจำนวนที่ต้องการทดสอบ

10.18.3.5 สามารถทดสอบด้วยวิธีอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากข้อ 10.18.3.1 ถึงข้อ10.18.3.4 ได้ตามที่ตกลงกันระหว่างผู้ทำกับผู้ใช้

10.18.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลว่าเสียสภาพฉับพลัน หรือไม่

10.19 ความทนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างตัวนำกับชิลด์

10.19.1 เครื่องมือ

ใช้เครื่องมือชนิดเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.18

10.19.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ใช้ตัวอย่างทดสอบเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.10

10.19.3 วิธีทดสอบ

10.19.3.1 นำปลายของคู่สายทั้งหมดมารวมกัน

10.19.3.2 ต่อปลายของคู่สายทั้งหมดเข้าขั้วบวกและนำชิลด์ต่อเข้ากับขั้วลบ

10.19.3.3 ป้อนแรงดันไฟฟ้าด้วยอัตราประมาณ 3 000 โวลต์ต่อวินาที จนถึงแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการทดสอบตามที่กำหนดในตารางที่ 12

10.19.3.4 รักษาระดับแรงดันไฟฟ้านั้นเป็นเวลา 3 วินาที

10.19.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลว่าเสียสภาพฉับพลัน หรือไม่

10.20 ความต่อเนื่องของชิลด์

10.20.1 เครื่องมือ

เครื่องมือที่สามารถทดสอบความต่อเนื่องของชิลด์ ได้แก่ เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 100 โวลต์ หรือน้อยกว่า ซึ่งแสดงสถานะการทำงานโดยเสียง แสง หรืออื่น ๆ ขณะทดสอบ

10.20.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ใช้ตัวอย่างทดสอบเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.10

10.20.3 วิธีทดสอบ

10.20.3.1 นำเครื่องมือทดสอบความต่อเนื่องของชิลด์ซึ่งจะมีสายของขั้วไฟฟ้า 2 เส้น นำสายเส้นหนึ่งจับที่ด้านต้นสาย และสายอีกเส้นหนึ่งจับที่ปลายสายของชิลด์ที่ลอกพลาสติกซึ่งเคลือบอยู่ทั้งสองด้านออก

10.20.3.2 ทดสอบโดยที่เครื่องมือจะต้องชี้บ่งถึงสถานะความต่อเนื่องของชิลด์ อาจเป็น เสียง แสง หรืออื่น ๆ

10.20.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลว่ามีการนำไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง หรือไม่

10.21 ความต่อเนื่องของตัวนำ

10.21.1 เครื่องมือ

ใช้เครื่องมือทดสอบเช่นเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.20.1

10.21.2 การเตรียมตัวอย่างทดสอบ

ใช้ตัวอย่างทดสอบเดียวกับที่ทดสอบในข้อ 10.10

10.21.3 วิธีทดสอบ

10.21.3.1 นำปลายของตัวนำด้านใดด้านหนึ่งทั้งหมดมารวมเข้าด้วยกัน

10.21.3.2 ปลายอีกด้านหนึ่งของตัวนำปล่อยแยกไว้

10.21.3.3 นำเครื่องมือทดสอบความต่อเนื่องของตัวนำซึ่งจะมีสายของขั้วไฟฟ้า 2 เส้น นำสายเส้นหนึ่งจับที่ปลายของตัวนำในข้อ 10.21.3.1 และสายอีกเส้นหนึ่งจับที่ปลายสายตัวนำในข้อ 10.21.3.2 โดยทดสอบทีละเส้น ซึ่งเครื่องมือจะต้องชี้บ่งถึงสถานะความต่อเนื่องของตัวนำ อาจเป็น เสียง แสง หรืออื่น ๆ

10.21.3.4 ให้ทดสอบความต่อเนื่องของตัวนำตามข้อ 10.21.3.1 ถึงข้อ 10.21.3.3 จนครบทุกเส้น

10.21.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลว่ามีการนำไฟฟ้าได้อย่างต่อเนื่อง หรือไม่

10.22 การโค้งงอที่อุณหภูมิต่ำของสายเคเบิลโทรคมนาคม

10.22.1 เครื่องมือ

10.22.1.1 ตู้ทำความเย็น

10.22.1.2 แมนเดรล

(1) กรณีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสายโทรคมนาคมน้อยกว่า 38 มิลลิเมตร ใช้ขนาดของแมนเดรลเป็น 15 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสายเคเบิลโทรคมนาคม

(2) กรณีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสายเคเบิลโทรคมนาคมตั้งแต่ 38 มิลลิเมตร ขึ้นไป ใช้ขนาดของแมนเดรลเป็น 20 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของสายเคเบิลโทรคมนาคม

10.22.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดสายเคเบิลโทรคมนาคมให้มีความยาวเพียงพอสำหรับทำเป็นชิ้นทดสอบ

10.22.3 วิธีทดสอบ

10.22.3.1 นำชิ้นทดสอบใส่ในตู้ทำความเย็นที่อุณหภูมิ (0 ± 1) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

10.22.3.2 เมื่อครบกำหนดเวลาแล้ว นำชิ้นทดสอบที่ผ่านการทำให้เย็นโค้งงอรอบแมนเดรลทันที ให้โค้งงอชิ้นทดสอบรอบแมนเดรลเป็นมุม 180 องศา โดยให้หันส่วนซ้อนเหลื่อมของชิลด์อยู่ด้านนอกของการโค้งงอ หลังจากนั้นยืดชิ้นทดสอบให้ตรงแล้วจึงโค้งงอรอบแมนเดรลเป็นมุม 180 องศา ในทิศทางตรงกันข้ามนับเป็นหนึ่งวัฏจักร หลังจากนั้นยืดชิ้นทดสอบให้ตรงและหมุนชิ้นทดสอบเป็นมุม 90 องศา แล้วจึงโค้งงอชิ้นทดสอบในวัฏจักรที่สองให้ทดสอบเสร็จภายในเวลา 1 นาที

10.22.3.3 ตรวจดูสภาพผิวเปลือกของชิ้นทดสอบด้วยตาเปล่า และผ่าชิ้นทดสอบตามแนวแกนตรวจดูสภาพชิลด์ภายในด้วยตาเปล่า

10.22.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลว่ามี หรือไม่มีรอยแตกราน

10.23 การทนต่อแรงกระแทกของสายเคเบิลโทรคมนาคม

10.23.1 เครื่องมือ

10.23.1.1 ตู้ทำความเย็น

10.23.1.2 ท่อทรงกระบอกกลวงเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 32 มิลลิเมตร

10.23.1.3 ลูกตุ้มน้ำหนักทรงกระบอกตัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร ขอบมน ผิวหน้าเรียบ และมีน้ำหนัก 0.45 กิโลกรัม

10.23.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดสายเคเบิลโทรคมนาคมยาวประมาณ 380 มิลลิเมตร

10.23.3 วิธีทดสอบ

10.23.3.1 วางท่อทรงกระบอกตั้งฉากบนชิ้นทดสอบ

10.23.3.2 นำชิ้นทดสอบไปใส่ในตู้ทำความเย็นที่อุณหภูมิ (0 ±1) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง

10.23.3.3 เมื่อครบ 4 ชั่วโมง ปล่อยตุ้มน้ำหนักที่ความสูง 0.9 เมตร ลงมาตามท่อทรงกระบอกให้กระแทกชิ้นทดสอบ จากนั้นนำชิ้นทดสอบมาไว้ที่อุณหภูมิห้องก่อนตรวจพิจารณา

10.23.3.4 ปอกดูเปลือกตรงบริเวณที่ถูกกระแทก เพื่อตรวจดูสภาพพื้นผิวนอกและพื้นผิวในของเปลือกด้วยตาเปล่า

10.23.4 การรายงานผล

ให้รายงานผลว่ามี หรือไม่มีรอยแตกราน

ภาคผนวก ก

การลดทอนสัญญาณ

(ข้อแนะนำ)

การลดทอนสัญญาณเฉลี่ยของทุกคู่สายในสายเคเบิลโทรคมนาคมที่มีคู่สายมากกว่า 12 คู่สาย ไม่ควรเกินค่าที่กำหนดในตารางที่ ก.1 สำหรับสายเคเบิลที่มีคู่สาย 12 คู่สาย หรือน้อยกว่า การลดทอนสัญญาณเฉลี่ยไม่ควรเกินร้อยละ 110 ของค่าที่กำหนดในตารางที่ ก.1

ตารางที่ ก.1 การลดทอนสัญญาณเฉลี่ยที่ 20 องศาเซลเซียส

รายละเอียด	หน่วย	ขนาดตัวนำ mm			
		0.4	0.5	0.65	0.9
การลดทอนสัญญาณเฉลี่ย สูงสุด					
- ที่ความถี่ 1 kHz *	dB/km	1.80	1.43	1.11	0.77
- ที่ความถี่ 150 kHz *	dB/km	11.35	8.31	6.20	4.40
- ที่ความถี่ 1.600 MHz	dB/km	35.08	27.87	22.30	15.74
- ที่ความถี่ 3.150 MHz	dB/km	48.85	39.02	31.15	21.97
- ที่ความถี่ 6.300 MHz	dB/km	69.18	55.41	43.93	30.82
* อ้างอิงจากผู้ให้บริการโทรศัพท์พื้นฐานภายในประเทศ					

หมายเหตุ ค่าการลดทอนสัญญาณเฉลี่ยตามตารางก.1 เป็นเพียงข้อมูลทางวิศวกรรมเท่านั้น ไม่ใช้เป็นบรรทัดฐานในการไม่ยอมรับสายเคเบิลนั้นๆ

ภาคผนวก ข

การทดสอบปริมาณคาร์บอนแบล็กในเปลือกพอลิเอทิลีน

(ข้อ 5.7.1)

ข.1 เครื่องมือ

เครื่องทดสอบดังแสดงในรูปที่ ข.1

ข.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ตัดตัวอย่างจากปลายข้างหนึ่งของสายเคเบิลโทรคมนาคม และตัดเปลือกเป็นชิ้นทดสอบ มีขนาดความกว้างไม่เกิน 5 มิลลิเมตร ความยาวไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

ข.3 การเตรียมสารละลาย

เตรียมสารละลายไพโรแกลลอล (pyrogallol) โดยละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 50 กรัม ในน้ำกลั่นที่ต้มไล่ออกซิเจนแล้ว 100 มิลลิลิตร เมื่อสารละลายเย็นใส่ไพโรแกลลอล 5 กรัม

ข.4 วิธีทดสอบ

ข.4.1 ปรับอัตราการไหลของไนโตรเจนไปที่ (1.7 ± 0.3) ลิตรต่อนาที ไนโตรเจนต้องมีส่วนผสมของออกซิเจนน้อยกว่าร้อยละ 0.5

ข.4.2 ใส่สารละลายไพโรแกลลอล 1 ใน 3 ของขวดที่ 1 ทันทีที่เปิดขวดและรีบปิดฝาขวด

ข.4.3 ใส่ไทรคลอโรเอทิลีน (trichloroethylene) 2 ใน 3 ของขวดที่ 2 และขวดที่ 3 สำหรับขวดที่ 2 ใส่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำแข็งแห้ง

ข.4.4 นำถาดทนไฟไปเผาบนตะเกียงจนกระทั่งถาดทนไฟแดง และใส่ไว้ในเดซิกเคเตอร์ ทิ้งไว้ให้เย็นอย่างน้อย 30 นาที

ข.4.5 นำถาดทนไฟที่เย็นไปชั่งด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.0001 กรัม บันทึกค่า m_1 แล้วใส่ชิ้นทดสอบหนัก (1.0 ± 0.1) กรัม ชั่งอีกครั้งบันทึกค่า m_2

ข.4.6 ใส่ถาดทนไฟที่มีชิ้นทดสอบไว้กลางท่อแก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในประมาณ 30 มิลลิเมตร ยาว (400 ± 50) มิลลิเมตร (หรือความยาวที่เหมาะสมกับเตาเผา) สวมยางซิลิโคนซึ่งยึดไว้กับท่อไนโตรเจน และเทอร์มอคัปเปิลไว้ที่ปลายด้านหนึ่งของท่อแก้ว โดยให้ปลายเทอร์มอคัปเปิลในท่อแก้วสัมผัสกับถาดทนไฟ จากนั้นปล่อยไนโตรเจนให้ไหลผ่านถาดทนไฟด้วยอัตราการไหลที่กำหนด

ข.4.7 ใส่ท่อแก้วเข้าไปในเตาเผาไฟฟ้า โดยที่ปลายทั้ง 2 ด้าน ของท่อให้โผล่พ้นจากเตาไฟฟ้าระยะเท่า ๆ กัน ปลายอีกด้านหนึ่งของท่อแก้วให้ต่อเข้ากับขวดที่ 2 ในข้อ ข.4.3

ข.4.8 เริ่มให้ความร้อนกับเตาเผาไฟฟ้า จนได้อุณหภูมิที่ 300 องศาเซลเซียส ถึง 350 องศาเซลเซียส ภายในเวลาประมาณ 10 นาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิจนได้ประมาณ 450 องศาเซลเซียส ภายในเวลา 10 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิอีกจนได้ (500 ± 5) องศาเซลเซียส ภายในเวลา 10 นาที แล้วควบคุมไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 10 นาที

เมื่อครบเวลาให้ถอดอุปกรณ์ตามข้อ ข.4.3 ออก แล้วนำท่อแก้วออกจากเตาเผาไฟฟ้า ปล่อยไว้ให้เย็นเป็นเวลา 5 นาที โดยยังคงเปิดไนโตรเจนไว้ หลังจากนั้นเปิดจุกทางด้านไนโตรเจนเข้าและนำเอาถาดทนไฟออกมา ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิกเคเตอร์ เป็นเวลา 20 นาที ถึง 30 นาที จากนั้นนำไปชั่ง บันทึกค่า m_3

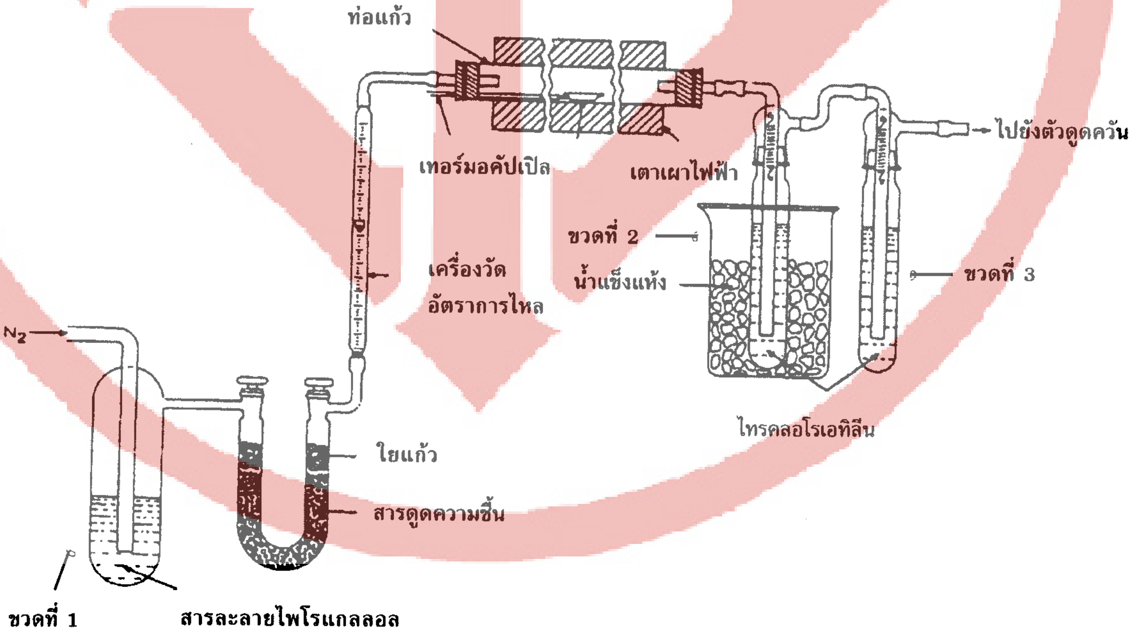
ข.4.9 นำถาดทนไฟใส่กลับไปในท่อแก้ว แต่ให้ปล่อยอากาศหรือออกซิเจนไหลเข้าไปแทนไนโตรเจนด้วยอัตราการไหลที่เหมาะสม ที่อุณหภูมิ (500 ± 20) องศาเซลเซียส จนกระทั่งคาร์บอนแบล็กที่เหลือถูกเผาไหม้ (เผาประมาณ 10 นาที) ปล่อยให้เย็นแล้วจึงนำออกมาชั่งน้ำหนักบันทึกค่า m_4

ข.4.10 การคำนวณปริมาณคาร์บอนแบล็ก จากสูตร

$$\text{ปริมาณคาร์บอนแบล็ก เป็นร้อยละ} = \frac{m_3 - m_4}{m_2 - m_1} \times 100$$

ข.5 การรายงานผล

ให้รายงานปริมาณคาร์บอนแบล็ก เป็นร้อยละ



รูปที่ ข.1 การทดสอบปริมาณคาร์บอนแบล็กในเปลือกพอลิเอทิลีน
(ข้อ ข.1)

ภาคผนวก ค

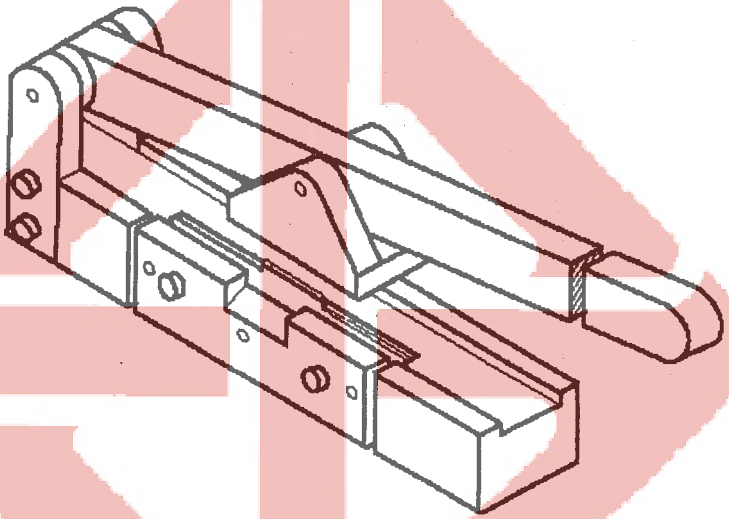
การทดสอบความต้านทานต่อการแตกราณเนื่องจากความเค้น

(ข้อ 5.7.2)

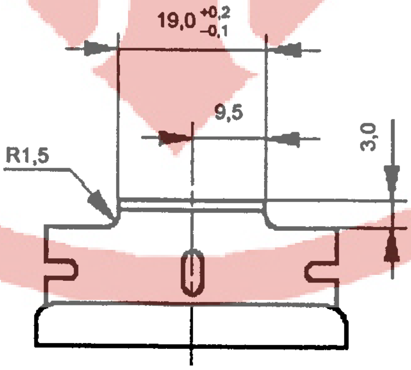
ค.1 เครื่องมือ

ค.1.1 ดายเปล่า (die) หรือเครื่องมืออื่นที่เหมาะสมสำหรับตัดชิ้นทดสอบให้ได้ขนาด (38.0 ± 2.5) มิลลิเมตร × (13.0 ± 0.8) มิลลิเมตร

ค.1.2 อุปกรณ์ทำรอยบาก (notching device) และใบมีด ดังรูปที่ ค.1 และ รูปที่ ค.2 ตามลำดับ



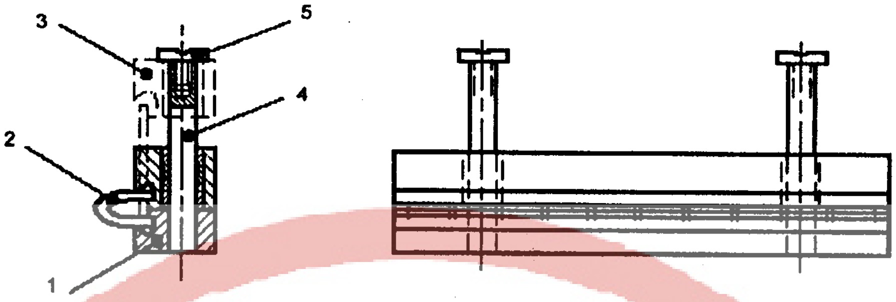
รูปที่ ค.1 อุปกรณ์ทำรอยบาก
(ข้อ ค.1.2)



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

รูปที่ ค.2 ใบมีด
(ข้อ ค.1.2)

ค.1.3 ชุดประกอบตัวหนีบยึดสำหรับการโค้งงอ (bending clamp assembly) ดังรูปที่ ค.3

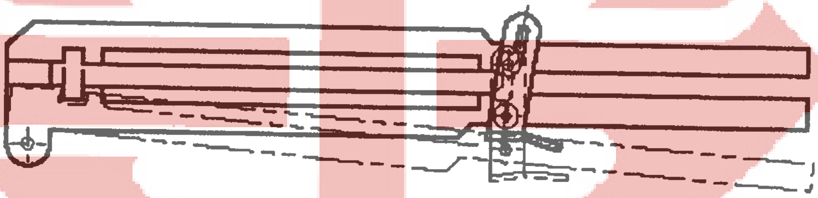


1. ตัวหนีบยึดด้านหลัง
2. ช่องใส่ชิ้นทดสอบ
3. ตัวหนีบยึดด้านหน้า
4. ราง
5. สกรู

รูปที่ ค.3 ชุดประกอบตัวหนีบยึดสำหรับการโค้งงอ

(ข้อ ค.1.3)

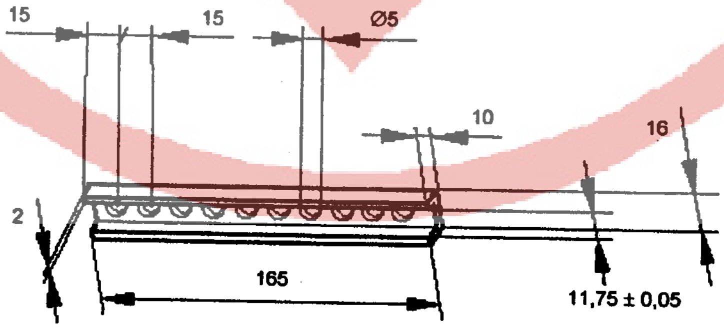
ค.1.4 เครื่องมือเคลื่อนย้าย (transfer tool assembly) ดังรูปที่ ค.4 สำหรับการนำชิ้นทดสอบจากตัวหนีบยึดสำหรับการโค้งงอไปใส่ในร่องทองเหลือง (brass channel)



รูปที่ ค.4 เครื่องมือเคลื่อนย้าย

(ข้อ ค.1.4)

ค.1.5 ที่ยึดชิ้นทดสอบแบบร่องทองเหลือง (brass channel specimen holder) ดังรูปที่ ค.5 สำหรับการจัดชิ้นทดสอบที่โค้งงอทั้ง 10 ชิ้น ให้เหมาะสม



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

ขนาดความกว้างภายในร่องทองเหลืองเป็น 11.75 มิลลิเมตร

รูปที่ ค.5 ที่ยึดชิ้นทดสอบแบบร่องทองเหลือง

(ข้อ ค.1.5)

ค.1.6 หลอดแก้วทดลองขนาด 200 มิลลิเมตร × 32 มิลลิเมตร สำหรับใส่ที่ยึดชิ้นทดสอบแบบร่องทองเหลือง หลอดต้องปิดด้วยจุกก๊อกที่หุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ (aluminium foil) ดังรูปที่ ค.6

รูปที่ ค.6 หลอดแก้วทดลอง
(ข้อ ค.1.6)

ค.1.7 รีเอเจนต์ (reagent) เป็นสาร Igepal CO-630 (Antarox CO-630) ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 (โดยปริมาตร) ในน้ำ หรือ รีเอเจนต์ อื่นที่มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกัน

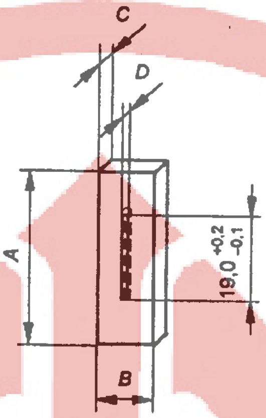
หมายเหตุ 1. รีเอเจนต์ต้องใช้ครั้งเดียวไม่ควรใช้ซ้ำ
2. ในกรณีที่เกิดการเสียสภาพเร็วกว่าระยะเวลาที่คาดไว้ ให้ตรวจสอบความเข้มข้นว่าเป็นตามที่กำหนดไว้
3. สารละลายน้ำของสาร Igepal CO-630 หรือสารอื่นที่คล้ายกัน ต้องเตรียมโดยวิธีการกวนด้วยใบพัด (paddle-stirring) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ถึง 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สารละลายที่เตรียมต้องใช้ภายใน 1 สัปดาห์

ค.1.8 ภาชนะที่ให้ความร้อนต้องมีขนาดและความลึกที่เพียงพอสำหรับการรองรับชั้นวางที่ใส่หลอดแก้วทดลอง ดังรูปที่ ค.6 อุณหภูมิต้องควบคุมให้อยู่ที่ (50 ± 0.5) องศาเซลเซียส ด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม และความจุความร้อนต้องสูงพอเพื่อให้มั่นใจว่าอุณหภูมิต้องไม่ลดต่ำกว่า 49 องศาเซลเซียส แม้ว่าใส่หลอดแก้วทดลองเข้าไปแล้ว

ค.2 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ค.2.1 ตัดชิ้นทดสอบในทิศทางตามขวางจากเปลือกของสายเคเบิลโทรคมนาคม ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 28 มิลลิเมตร หรือโตกว่า

ค.2.2 ใช้เครื่องมือในข้อ ค.1.1 สำหรับเตรียมชิ้นทดสอบจำนวน 10 ชิ้น ให้มีมิติความยาว (38.0 ± 2.5) มิลลิเมตร ความกว้าง (13.0 ± 0.8) มิลลิเมตร ความหนาเท่ากับความหนาของเปลือก เป็นมิลลิเมตร และความลึกของรอยบากเป็นร้อยละ (18 ± 2) ของความหนา ดังรูปที่ ค.7 โดยไม่ทำให้ชิ้นทดสอบชำรุดหรือเกิดความเสียหายทางกล



หน่วยเป็นมิลลิเมตร

โดยที่ A คือ ความยาว

B คือ ความกว้าง

C คือ ความหนา

D คือ ความลึกของรอยบาก

รูปที่ ค.7 ชิ้นทดสอบ

(ข้อ ค.2.2)

ค.3 วิธีทดสอบ

ค.3.1 ใช้เครื่องมือทดสอบในข้อ ค.1.2 สำหรับการทำรอยบากบนชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น ดังรูปที่ ค.7 ใบมีดต้องคม และไม่ชำรุด ภายใต้ภาวะที่ให้ผลดีสุดก็ต่อเมื่อใบมีดไม่ควรใช้งานเกิน 100 ครั้ง

ค.3.2 วางชิ้นทดสอบที่ทำรอยบากแล้วทั้ง 10 ชิ้น ในช่องที่จัดไว้ในตัวหนีบยึดสำหรับการโค้งงอ และต้องทำให้ตัวหนีบอยู่ติดกันเป็นเวลา 30 วินาที ถึง 35 วินาที โดยใช้เครื่องอัดที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ (motor-driven arbor press) หรือ เครื่องมือช่วยอื่นที่เหมาะสมที่ความเร็วคงที่

ค.3.3 ยกชิ้นทดสอบที่โค้งงอแล้วด้วยเครื่องมือเคลื่อนย้ายในข้อ ค.1.4 ไปวางในร่องทองเหลือง ดังรูปที่ ค.5 ให้ใช้แรงอัดชิ้นทดสอบด้วยมือหากชิ้นทดสอบบางชิ้นสูงเกินที่ยึด

ค.3.4 ใส่ที่ยึดลงในหลอด ดังรูปที่ ค.6 ภายใน 5 นาที ถึง 10 นาที หลังจากที่ได้ดำเนินการตามข้อ ค 3.2 แล้วเสร็จ จึงเติมรีเอเจนต์ที่กำหนดในข้อ ค.1.7 จนกระทั่งที่ยึดอยู่ใต้ของเหลว แล้วปิดด้วยจุกก๊อก

ค.3.5 วางหลอดแก้วทดลองตามข้อ ค 3.4 ในตะแกรงที่อยู่ในภาชนะที่ให้ความร้อน ดังในข้อ ค.1.8 ต้องระวังไม่ให้ชิ้นทดสอบสัมผัสกับหลอดแก้วทดลองในระหว่างการทดสอบ ขณะทำการใส่หลอดแก้วทดลองในภาชนะที่ให้ความร้อนต้องเป็นไปตามภาวะทดสอบที่ระบุไว้ในตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ภาวะทดสอบและคุณลักษณะที่ต้องการสำหรับการทดสอบความต้านทานต่อการแตกรานเนื่องจากความเค้น

(ข้อ 5.7.2)

รายละเอียด	หน่วย	ค่าที่ระบุ
ภาวะทดสอบ		
- ความเข้มข้นของรีเอเจนต์ [ก]	%	10
- อุณหภูมิ	°C	50 ± 0.5
- ช่วงเวลาการทดสอบ	h	48
คุณลักษณะที่ต้องการ		
- อัตราการเสียสภาพของชิ้นทดสอบ สูงสุด	ชิ้น	0
ก สาร Igepal CO-630 หรือ รีเอเจนต์อื่นที่มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกัน		

ค.4 การรายงานผล

ให้ตรวจดูสภาพผิวของชิ้นทดสอบด้วยตาเปล่าว่ามี หรือไม่มีรอยแตกราน